

(11)特許出願公開番号

特開平 8-338823

(43)公開日 平成8年(1996)12月24日

(51)Int. Cl. ⁶	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 1 N	27/26	3 9 1	G 0 1 N	27/26 3 9 1 A
	27/41			27/46 3 2 5 P

審査請求 未請求 請求項の数6

OL

(全 13 頁)

(21)出願番号 特願平7-146549

(22)出願日 平成7年(1995)6月13日

(71)出願人 000004260

株式会社デンソー

愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地

(72)発明者 溝口 朝道

愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 日本電装株式会社内

(72) 發明者 ▲高▼見 雅之

愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 日本電装株式会社内

(72)発明者 岡崎 和弘

愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 日本電装
株式会社内

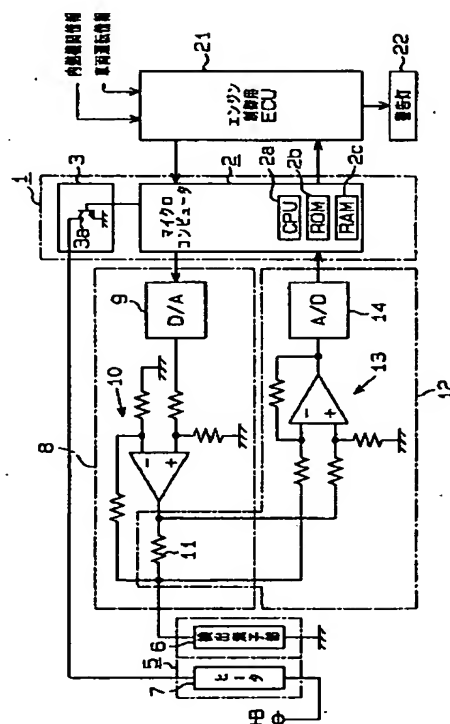
(74)代理人 弁理士 恩田 博宣

(54) 【発明の名称】 酸素センサの劣化判定装置

(57) 【要約】

【目的】新規な方法で且つ精度良く酸素センサの劣化判定を行う。

【構成】酸素センサ５は、電圧印加に伴い酸素濃度（空燃比）に対応したほぼ一定の限界電流を出力する検出素子部６と、同検出素子部６を加熱するヒータ７とを有している。マイクロコンピュータ２のＣＰＵ２ａは、酸素センサ５の内部抵抗を検出し、その内部抵抗が目標値に一致するようにヒータ７の通電をフィードバック制御する。また、センサ劣化判定時において、ＣＰＵ２ａは、酸素センサ５の印加電圧を正の電圧から負の電圧に切り換え、その電圧切り換え直後に発生するピーク電流を検出する。さらに、ＣＰＵ２ａは、ピーク電流の変化量が、所定の劣化判定値を越えた時に当該センサ５が劣化している旨を判定する。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 電圧印加に伴い酸素濃度に対応したほぼ一定の限界電流を出力する酸素センサに適用される劣化判定装置であって、

前記酸素センサの印加電圧を所定電圧に切り換える電圧切換手段と、

前記電圧切換手段による電圧切り換え直後から前記酸素センサによる電流が収束するまでの間において前記電圧切り換えに伴う電流変化を検出する電流変化検出手段と、

前記電流変化検出手段により検出された電流変化に基づいて前記酸素センサが劣化している旨を判定する劣化判定手段とを備えることを特徴とする酸素センサの劣化判定装置。

【請求項 2】 前記酸素センサの内部抵抗を検出する内部抵抗検出手段と、

前記酸素センサに付設されたヒータと、

前記内部抵抗検出手段による検出されたセンサ内部抵抗と所定の目標値との偏差をなくすべく前記ヒータへの通電をフィードバック制御するヒータ制御手段とを備え、

前記劣化判定手段は、前記電流変化検出手段により検出された電圧切り換え直後の電流変化が、前記電圧切換手段による電圧変化に対応する劣化判定域を越えた時に当該センサが劣化している旨を判定する請求項 1 に記載の酸素センサの劣化判定装置。

【請求項 3】 前記電圧切換手段による電圧切り換え後においてセンサ電流が収束した時の当該電流値を検出する収束電流検出手段を備え、

前記劣化判定手段は、前記電流変化検出手段により検出された電圧切り換え直後の電流変化が、前記収束電流検出手段により検出された収束電流に対応する劣化判定域を越えた時に当該センサが劣化している旨を判定する請求項 1 に記載の酸素センサの劣化判定装置。

【請求項 4】 前記劣化判定手段は、前記収束電流の絶対値が大きい場合ほど、前記電流変化が大きくなる方向に前記劣化判定域を設定する請求項 3 に記載の酸素センサの劣化判定装置。

【請求項 5】 前記酸素センサの内部抵抗を検出する内部抵抗検出手段を備え、

前記劣化判定手段は、前記電流変化検出手段により検出された電圧切り換え直後の電流変化が、前記内部抵抗検出手段により検出されたセンサ内部抵抗に対応する劣化判定域を越えた時に当該センサが劣化している旨を判定する請求項 1 に記載の酸素センサの劣化判定装置。

【請求項 6】 前記劣化判定手段は、前記センサ内部抵抗が大きい場合ほど、前記電流変化が小さくなる方向に前記劣化判定域を設定する請求項 5 に記載の酸素センサの劣化判定装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 この発明は、限界電流方式の酸素センサに適用される劣化判定装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 近年、例えば自動車用エンジンにおいては、排気ガス中の酸素濃度に応じて空燃比をリニアに検出する限界電流方式の酸素センサが採用されている。この限界電流方式の酸素センサは、電圧印加に伴い酸素濃度に対応したほぼ一定の限界電流を出力し、前記自動車用エンジンの空燃比制御システムに起用された場合には、その時のセンサ出力（限界電流値）に応じて空燃比が求められる。

【0003】 また、上記酸素センサでは、経時的な劣化を精度良く検出する技術が要望されており、この種の従来技術として例えば特開平 4-233447 号公報の「排気濃度センサの劣化検出方法」が開示されている。この公報では、酸素センサに電圧を印加した時の酸素センサの出力電流から、当該酸素センサの内部抵抗を算出し、その内部抵抗値が大きくなると酸素センサが劣化したと判定するようにしている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】 ところが、上記従来公報の場合、以下に示す問題を生ずる。つまり、上述の酸素センサの場合、限界電流を精度良く検出するにはセンサ本体（固体電解質層等）を所定の活性温度（例えば、650℃）に保持する必要があるが、酸素センサにヒータを内蔵して同ヒータの通電を制御する場合がある。この場合、酸素センサが劣化していたとしてもヒータの通電量が増やされることで、結果的に内部抵抗がほぼ一定値に維持される。従って、本来劣化の状態であってもその旨を行うことができないという問題を招く。

【0005】 この発明は、上記問題に着目してなされたものであって、その目的とするところは、新規な方法で且つ精度良く酸素センサの劣化判定を行うことができる酸素センサの劣化判定装置を提供することにある。

【0006】

【課題を解決するための手段】 上記目的を達成するために、請求項 1 に記載の発明は、電圧印加に伴い酸素濃度に対応したほぼ一定の限界電流を出力する酸素センサに適用される劣化判定装置であって、前記酸素センサの印加電圧を所定電圧に切り換える電圧切換手段と、前記電圧切換手段による電圧切り換え直後から前記酸素センサによる電流が収束するまでの間において前記電圧切り換えに伴う電流変化を検出する電流変化検出手段と、前記電流変化検出手段により検出された電流変化に基づいて前記酸素センサが劣化している旨を判定する劣化判定手段とを備えることを要旨としている。

【0007】 請求項 2 に記載の発明では、請求項 1 に記載の発明において、前記酸素センサの内部抵抗を検出する内部抵抗検出手段と、前記酸素センサに付設されたヒータと、前記内部抵抗検出手段による検出されたセンサ

内部抵抗と所定の目標値との偏差をなくすべく前記ヒータへの通電をフィードバック制御するヒータ制御手段とを備え、前記劣化判定手段は、前記電流変化検出手段により検出された電圧切り換え直後の電流変化が、前記電圧切換手段による電圧変化に対応する劣化判定域を越えた時に当該センサが劣化している旨を判定する。

【0008】請求項3に記載の発明では、請求項1に記載の発明において、前記電圧切換手段による電圧切り換え後においてセンサ電流が収束した時の当該電流値を検出する収束電流検出手段を備え、前記劣化判定手段は、前記電流変化検出手段により検出された電圧切り換え直後の電流変化が、前記収束電流検出手段により検出された収束電流に対応する劣化判定域を越えた時に当該センサが劣化している旨を判定する。

【0009】請求項4に記載の発明では、請求項3に記載の発明において、前記劣化判定手段は、前記収束電流の絶対値が大きい場合ほど、前記電流変化が大きくなる方向に前記劣化判定域を設定する。

【0010】請求項5に記載の発明では、請求項1に記載の発明において、前記酸素センサの内部抵抗を検出する内部抵抗検出手段を備え、前記劣化判定手段は、前記電流変化検出手段により検出された電圧切り換え直後の電流変化が、前記内部抵抗検出手段により検出されたセンサ内部抵抗に対応する劣化判定域を越えた時に当該センサが劣化している旨を判定する。

【0011】請求項6に記載の発明では、請求項5に記載の発明において、前記劣化判定手段は、前記センサ内部抵抗が大きい場合ほど、前記電流変化が小さくなる方向に前記劣化判定域を設定する。

【0012】

【作用】請求項1に記載の発明によれば、電圧切換手段は、酸素センサの印加電圧を所定電圧に切り換える。電流変化検出手段は、電圧切換手段による電圧切り換え直後から前記酸素センサによる電流が収束するまでの間において前記電圧切り換えに伴う電流変化を検出する。劣化検出手段は、電流変化検出手段により検出された電流変化に基づいて前記酸素センサが劣化している旨を判定する。

【0013】要するに、限界電流式酸素センサにおいては、例えば印加電圧を正の電圧から負の電圧に切り換えた際には負の方向に急峻な電流（以下、これをピーク電流という）が発生し、逆に印加電圧を負の電圧から正の電圧に切り換えた際には正の方向に急峻な電流（ピーク電流）が発生することが知られている。かかる場合、ピーク電流の大きさは、酸素センサの劣化状況に対応するため、上記構成により酸素センサの劣化が精度良く検出される。

【0014】請求項2に記載の発明によれば、内部抵抗検出手段は、酸素センサの内部抵抗を検出する。ヒータ制御手段は、内部抵抗検出手段による検出されたセンサ

内部抵抗と所定の目標値との偏差をなくすべく前記ヒータへの通電をフィードバック制御する。劣化判定手段は、電流変化検出手段により検出された電圧切り換え直後の電流変化が、前記電圧切換手段による電圧変化に対応する劣化判定域を越えた時に当該センサが劣化している旨を判定する。

【0015】即ち、限界電流式酸素センサは、例えば図12(a)の等価回路で表すことができる。但し、「Rb」は電解質の内部抵抗、「Rd」は電解質と電極との界面の抵抗、「Cd」は界面の静電容量である。かかる場合、センサ劣化に伴い酸素センサのポーラス状の電極が目詰まり等を生ずると、図12(a)の抵抗Rdが増大する。しかし、酸素センサの内部抵抗を目標値にフィードバック制御していれば、結果的に抵抗Rbが減少することになる。従って、印加電圧を切り換えた直後における電流経路（図の①の経路）において、ピーク電流の変化が大きくなる。それにより、ピーク電流の変化が劣化判定域を越え、劣化の旨が判定される。

【0016】このとき、例えば印加電圧が正の電圧Vpから負の電圧Vnに切り換えられた際には、ピーク電流値Ioが次の式で求められる。

$$I_o = I_p - (V_p - V_n) / R_b$$

従って、このピーク電流値Ioを判定するには、電圧切換手段による電圧変化量に対応する劣化判定域に基づき行うのが望ましい。なお、図12(b)は電圧切り換えに伴う電流変化を示しており、センサ電流の実線は正常時（劣化前）の波形を示し、同センサ電流の破線は劣化後の波形を示す。

【0017】請求項3に記載の発明によれば、収束電流検出手段は、電圧切換手段による電圧切換後においてセンサ電流が収束した時の当該電流値を検出する。劣化判定手段は、電流変化検出手段により検出された電圧切り換え直後の電流変化が、前記収束電流検出手段により検出された収束電流に対応する劣化判定域を越えた時に当該センサが劣化している旨を判定する。

【0018】つまり、酸素センサが劣化すると、当該センサの内部抵抗（前述した図12のRb、Rdを含む全抵抗値）は増大する傾向にあるため、電圧切り換え後の収束電流（の絶対値）は小さくなる。従って、ピーク電流の変化と収束電流（の絶対値）との比は、劣化が進むほど大きくなり、その旨が劣化判定手段により判定される。特に、請求項4に記載したように劣化判定域を設定することで、より正確な劣化判定が実現できる。

【0019】請求項5に記載の発明によれば、内部抵抗検出手段は、酸素センサの内部抵抗を検出する。劣化判定手段は、電流変化検出手段により検出された電圧切り換え直後の電流変化が、前記内部抵抗検出手段により検出されたセンサ内部抵抗に対応する劣化判定域を越えた時に当該センサが劣化している旨を判定する。

【0020】つまり、酸素センサが劣化すると、当該セ

ンサのセンサ内部抵抗は増大の傾向にある。従って、ピーク電流の変化とセンサ内部抵抗との比は、劣化が進むほど大きくなり、その旨が劣化判定手段により判定される。特に、請求項 6 に記載したように劣化判定域を設定することで、より正確な劣化判定が実現できる。

【0021】なお、上記請求項 2 の構成では、電圧切り換え時におけるピーク電流の変化だけでセンサの劣化判定を行うために、センサ内部抵抗を目標値に一致させるべくヒータの通電をフィードバック制御したが、請求項 3~6 の構成では、収束電圧又はセンサ内部抵抗との相対比較により劣化判定を行うため、上記フィードバック制御を要件としない。そのため、単にヒータの通電をオープン制御で行う装置にも具体化が可能となる（勿論、請求項 3~6 の構成は、フィードバック制御の装置でも具体化が可能）。

【0022】

【実施例】

（第 1 実施例）以下、この発明を自動車用内燃機関の空燃比検出装置にて具体化した第 1 実施例を図面に従って説明する。

【0023】図 1 は本実施例における空燃比検出装置の概要を示す回路図である。図 1 において、電子制御装置（以下、ECU という）1 は、CPU（中央処理装置）2a、ROM（リードオンリメモリ）2b、RAM（ランダムアクセスメモリ）2c を備えたマイクロコンピュータ 2 を中心に構成されている。このマイクロコンピュータ 2 は、後述する限界電流方式の酸素センサ 5 の電流測定値を入力し、所定の演算プログラムに従い空燃比を求め出力する。また、マイクロコンピュータ 2 にはエンジン制御用 ECU 21 が接続されており、前記マイクロコンピュータで求められた空燃比はエンジン制御用 ECU 21 に出力される。エンジン制御用 ECU 21 は、上記空燃比やその他内燃機関情報、車両運転情報に基づき空燃比フィードバック制御を実施する。

【0024】一方で、マイクロコンピュータ 2 は、酸素センサ 5 の劣化を判定し、その劣化判定信号をエンジン制御用 ECU 21 に出力する。エンジン制御用 ECU 21 は劣化判定信号に従い警告灯 22 を点灯表示させて、酸素センサ 5 の劣化の旨をドライバ等に告知する。

【0025】酸素センサ 5 は図示しない内燃機関の排気管に設けられており、検出素子部 6 とヒータ 7 とを有している。検出素子部 6 は、空燃比リーン領域における酸素濃度、若しくは空燃比リッチ領域における一酸化炭素（CO）濃度に対応する限界電流を発生し、ヒータ 7 は検出素子部 6 を活性温度（例えば、約 650℃以上）に加熱する。この場合、マイクロコンピュータ 2 に設けられたヒータ通電制御回路 3 がヒータ 7 への通電電流を制御し、これにより検出素子部 6 の温度が活性温度範囲に保持される。具体的には、ヒータ通電制御回路 3 はスイッチング素子としてのトランジスタ 3a を有し、同トラ

ンジスタ 3a のコレクタ端子にヒータ 7 の一端が接続されている。トランジスタ 3a は、マイクロコンピュータ 2 からの通電信号に伴いオン・オフ動作し、ヒータ 7 の通電をデューティ制御させる。また、ヒータ 7 の他端にはバッテリー電源+Bが接続されている。

【0026】マイクロコンピュータ 2 と検出素子部 6 との間には、電圧印加部 8、電流測定部 12 が接続されている。そして、マイクロコンピュータ 2 にて制御される限界電流検出用の印加電圧は、電圧印加部 8 の D/A 変換器 9、オペアンプ 10、抵抗 11 を介して検出素子部 6 に印加される。また、検出素子部 6 にて発生する限界電流の測定値は、電流測定部 12 の抵抗 11、オペアンプ 13、A/D 変換器 14 を介してマイクロコンピュータ 2 に入力される。

【0027】図 2 は酸素センサ 5 の構造を概略的に示す断面図である。検出素子部 6 において、断面カップ状に形成された固体電解質層 16 の外表面には、排気ガス側電極層 18 が固着され、内表面には大気側電極層 19 が固着されている。また、排気ガス側電極層 18 の外側には、プラズマ溶射法等により拡散抵抗層 17 が形成されている。固体電解質層 16 は、 ZrO_2 、 HfO_2 、 ThO_2 、 Bi_2O_3 等に CaO 、 MgO 、 Y_2O_3 、 Yb_2O_3 等を安定剤として固溶させた酸素イオン伝導性酸化物焼結体からなり、拡散抵抗層 17 は、アルミナ、マグネシヤ、ケイ石質、スピネル、ムライト等の耐熱性無機物質からなる。排気ガス側電極層 18 及び大気側電極層 19 は共に、白金等の触媒活性の高い貴金属からなり、多孔質の化学メッキとして固体電解質層 16 の両表面に形成されている。なお、排気ガス側電極層 18 の面積及び厚さは、 $10 \sim 100 \text{ mm}^2$ 及び $0.5 \sim 2.0 \mu\text{m}$ 程度となっており、一方、大気側電極層 19 の面積及び厚さは、 10 mm^2 以上及び $0.5 \sim 2.0 \mu\text{m}$ 程度となっている。

【0028】ヒータ 7 は大気側電極層 19 内に収容されており、その発熱エネルギーにより大気側電極層 19、固体電極層 16、排気ガス側電極層 18 及び拡散抵抗層 17 を加熱する。ヒータ 7 は、検出素子部 6 を活性化するために十分な発熱容量を有している。

【0029】そして、上記構成の酸素センサ 5 において、検出素子部 6 は理論空燃比点にて濃淡起電力を発生し、理論空燃比点よりリーン領域の酸素濃度に応じた限界電流を発生する。この場合、酸素濃度に対応する限界電流は、排気ガス側電極層 18 の面積、拡散抵抗層 17 の厚さ、気孔率及び平均孔径により決定される。また、理論空燃比よりもリッチ側の領域では、未燃ガスである一酸化炭素（CO）の濃度が空燃比に対してはほぼニアに変化し、酸素センサ 5 の検出素子部 6 は CO 濃度に応じた限界電流を発生する。

【0030】ここで、酸素センサ 5 の電圧-電流特性について図 3 を用いて説明する。つまり、図 3 に示すよう

に特性線L1は、検出素子部6の固体電解質層16に印加される電圧が変化しても同固体電解質層16に流れる電流の変化が微小な部分(図の電圧軸に平行な直線部分)、いわゆる”限界電流発生域”を有している(なお、この領域を過電圧支配領域とも言う)。そして、この直線部分の限界電流発生域にて限界電流が特定されるようになっている。酸素センサ5の限界電流値は空燃比に比例し、空燃比がリーン側になるほど増大し、逆に空燃比がリッチ側になるほど減少する。

【0031】また、この電圧-電流特性において限界電流発生域よりも小さい電圧域は、抵抗支配域となっており、その抵抗支配域における特性線L1の傾きは、検出素子部6における固体電解質層16の内部抵抗により特定される。ここで、固体電解質層16の内部抵抗は温度変化に伴い変化するため、検出素子部6の温度が低下すると抵抗の増大により上記傾きが小さくなる。この場合、温度が低下すると、電圧-電流特性は図3に破線で示す特性線L2で特定される。特性線L2による限界電流は特性線L1による限界電流とほぼ一致する。

【0032】なお、本実施例は、請求項1又は2に記載した発明に相当するものであって、マイクロコンピュータ2内のCPU2aにより電圧切換手段、電流変化検出手段、劣化判定手段、内部抵抗検出手段及びヒータ制御手段が構成されている。

【0033】次に、上記の如く構成される空燃比検出装置の作用を説明する。図4のフローチャートは、マイクロコンピュータ2内のCPU2aにより実行されるメインルーチンを示しており、CPU2aは数ms間隔でこのルーチンを繰り返し実行する。

【0034】さて、図4のルーチンがスタートすると、CPU2aは、先ずステップ110で空燃比検出ルーチン(A/F検出ルーチン)を実行する。通常は、この空燃比検出ルーチンのみが数ms間隔で繰り返し実行され、後述するステップ120、140、160のいずれかの条件が成立した場合には、ステップ130の内部抵抗検出ルーチン(Zdc検出ルーチン)、ステップ150のヒータ制御ルーチン、又はステップ170のセンサ劣化判定ルーチンが実行される。

【0035】各ステップの内容を詳述する。なお、図5はステップ110の空燃比検出ルーチンを、図6はステップ130の内部抵抗検出ルーチンを、図7はステップ150のヒータ制御ルーチンを、図8はステップ170のセンサ劣化判定ルーチンを、それぞれ示す。

【0036】さて、図5の空燃比検出ルーチンにおいて、CPU2aは、先ずステップ111で酸素センサ5の検出素子部6に電圧Vp(正の電圧)を印加する。電圧Vpの値は、図3に示すように検出したい空燃比(限界電流値Ip)の範囲を全て検出可能な値とする。例えば、内部抵抗Zdcが30Ωで、空燃比=12~18を検出したいとすれば、Vp=0.3~0.5[ボルト]

でよい。

【0037】その後、CPU2aは、ステップ112で電圧Vpを印加した時に検出素子部6に流れる電流値、即ち限界電流値Ipを検出する。さらに、CPU2aは、ステップ113で図9に示す限界電流値-空燃比マップを用いてその時の限界電流値Ipを空燃比(A/F)に変換する。また、CPU2aは、続くステップ114で上記の如く得られた空燃比をエンジン制御用ECU21に出力した後、本ルーチンを終了する。

【0038】一方、空燃比検出後において、図4のステップ120では、CPU2aは酸素センサ5の内部抵抗Zdcを検出するか否かを判別する。このとき、内部抵抗Zdcの検出条件としては排気ガスの温度変化に従うのがよく、具体的には、機関回転数、吸気管圧力、吸入空気量、排気ガス量等が急変した場合に内部抵抗Zdcの検出要と判定する。なお、この判定を単一時間毎に行い、周期的(例えば1秒毎)に内部抵抗Zdcを検出するようにしてもよい。この場合、エンジン制御用ECU21を介してマイクロコンピュータ2へ内燃機関情報を入力する必要はない。

【0039】そして、上記ステップ120が肯定判別された場合には、CPU2aはステップ130に進み、図6の内部抵抗検出ルーチンを実行する。即ち、図6において、CPU2aは、ステップ131で酸素センサ5の検出素子部6に電圧Vn(負の電圧)を印加する。この電圧Vnの値は、図3に示すように限界電流発生域にからない抵抗支配域の電圧であり、具体的にはVn=-0.3~-1[ボルト]でよい。

【0040】その後、CPU2aは、ステップ132で時間t1だけ待機する。つまり、酸素センサ5の印加電圧を正の電圧Vpから負の電圧Vnに切り換えると、図10に示す如く電圧切り換え直後に急峻な電流変化(ピーク電流)が発生し、その後、静特性上の電流値Inに収束する(以下、「In」を収束電流値という)。そこで、電圧切り換え後、電流が完全に収束するのに必要な時間t1(数10ms~数100ms)だけ待ち、時間t1経過後に、CPU2aは、ステップ133で収束電流値Inを検出すると共に、当該電流値InをRAM2cに記憶させる。

【0041】さらに、CPU2aは、ステップ134で検出素子部6の印加電圧を負の電圧Vnから元の正の電圧Vpに戻すと共に、ステップ135で時間t2だけ待機する。この時間t2も、図10に示すように電圧切り換え時におけるピーク電流を完全に収束させるための待機時間(数10ms~数100ms)である。

【0042】その後、CPU2aは、ステップ136でステップ131の負の電圧Vnとステップ133の収束電流値In(負の電流値)とからその時の検出素子部6(固体電解質層16)の内部抵抗Zdc(=Vn/In)を算出する。かかる図6では、上記の如く時間t

1, t_2 だけ待機した後に電流値 (I_n 、又は図5の I_p) が検出されることにより、精度の高い検出結果が得られる。

【0043】上記図6の処理を図10のタイムチャートを用いてより具体的に説明する。つまり図10では、 T_1 のタイミングで電圧が「 V_p 」から「 V_n 」に切り換えられ、時間 t_1 (数10ms～数100ms) が経過した T_2 のタイミングで収束電流値 I_n が検出されると共に、電圧が元の電圧 V_p に戻される。さらに時間 t_2 (数10ms～数100ms) が経過した T_3 のタイミ

10 ングで内部抵抗 Z_{dc} が算出される。
【0044】また、図4のメインルーチンのステップ140では、CPU2aはヒータ7の通電制御を行うか否かを判別する。このとき、ヒータ制御の実行条件として*

$$GP = KP \cdot (Z_{dc} - Z_{dcT}) \quad \dots (1)$$

$$GI = GI_{i-1} + KI \cdot (Z_{dc} - Z_{dcT}) \quad \dots (2)$$

$$Duty = GP + GI \quad \dots (3)$$

但し、上式において、「 GP 」は比例項、「 GI 」は積分項、「 KP 」は比例定数、「 KI 」は積分定数、「 Z_{dcT} 」は目標抵抗値を表している。

【0047】つまり、図7において、CPU2aは、ステップ151で上記(1)式を用いて内部抵抗 Z_{dc} の偏差に応じた比例項 GP を算出し、続くステップ152で上記(2)式を用いて内部抵抗 Z_{dc} の偏差に応じた積分項 GI を算出する。そして、CPU2aは、ステップ153で上記(3)式を用いてヒータ7の制御デューティ $Duty$ を算出し、その後本ルーチンを終了する。ヒータ7は、上記制御デューティ $Duty$ に基づき、図1のヒータ通電制御回路3により通電制御される。なお、本実施例では、いわゆるPI制御を行っているが、PID制御若しくはI制御のみを行うように変更することも可能である。

【0048】また、図4のメインルーチンのステップ160では、CPU2aは酸素センサ5の劣化判定を行うか否かを判別する。このとき、劣化判定の実行条件としては、車両の走行距離等の運転情報により判定してもよいし、前回の劣化判定から所定時間が経過したかに応じて劣化判定の要否を判定してもよい。

【0049】そして、上記ステップ160が肯定判別された場合には、CPU2aはステップ170に進み、図8のセンサ劣化判定ルーチンを実行する。即ち、図8において、CPU2aは、ステップ171で酸素センサ5の検出素子部6に負の電圧 V_n を印加する(印加電圧を正の電圧 V_p から負の電圧 V_n に切り換える)。この電圧 V_n の値は、図3に示すように限界電流発生域にかからない抵抗支配域の電圧であり、前述した図6(内部抵抗検出ルーチン)のステップ131の電圧 V_n と同じでよい。

【0050】その後、CPU2aは、ステップ172で時間 t_3 だけ待機する。かかる場合、時間 t_3 は、前記

*は、前記ステップ120と同様に、機関回転数、吸気管圧力、吸入空気量、排気ガス量等が急変した場合に成立する。なお、前回のヒータ制御から所定時間が経過したかに応じてヒータ制御の要否を判定してもよく、この場合、ヒータ制御は単に周期的(例えば1秒毎)に行われる。

【0045】そして、上記ステップ140が肯定判別された場合には、CPU2aはステップ150に進み、図7のヒータ制御ルーチンを実行する。即ち本実施例では、PWM(パルス幅変調)によるデューティ比制御にてヒータ制御が行われる。このとき、ヒータ7の制御デューティ $Duty$ は以下の(1)、(2)、(3)式で算出される。

【0046】

図6のステップ132における時間 t_1 (電圧切り換え時のピーク電流の収束時間) よりも短い時間であって
20 ($t_3 \leq t_1$)、具体的には0～数10msでよい。そして、CPU2aは、時間 t_3 (0～数10ms) だけ待った後に、ステップ173でその時の電流値(以下、ピーク電流値 I_o という)を検出すると共に、当該電流値 I_o をRAM2cに記憶させる。

【0051】さらに、CPU2aは、ステップ174で検出素子部6に元の正の電圧 V_p を印加すると共に、ステップ175で時間 t_4 だけ待機する。この時間 t_4 は、電圧切り換え時におけるピーク電流を収束させるための待機時間(数10ms～数100ms)であって、前述した図6の時間 t_2 と同じ時間である($t_4 = t_2$)。

【0052】その後、CPU2aは、ステップ176でステップ173にて検出されたピーク電流値 I_o が所定の劣化判定値 I_{os} よりも小さいか否かを判別する。ここで、劣化判定値 I_{os} は、システム毎の劣化判定基準に応じて異なるが、本実施例では、通常時(センサ正常時)のピーク電流値 I_o よりも数mA小さい値に設定している。この場合、 $I_o \geq I_{os}$ であれば、CPU2aはセンサ正常であるとみなしてステップ176を否定判別し、そのまま本ルーチンを終了する。一方、 $I_o < I_{os}$ であれば、CPU2aはセンサ劣化であるとみなしてステップ177に進む。CPU2aは、ステップ177で劣化判定信号をエンジン制御用ECU21に出力した後、本ルーチンを終了する。かかる場合、エンジン制御用ECU21は警告灯22を点灯表示させると共に、空燃比フィードバック制御を中断する。

【0053】上記図8の処理を図11のタイムチャートを用いてより具体的に説明する。なお、センサ電流の波形において、実線は劣化前(正常時)を示し、破線は劣化後を示す。つまり図11では、 T_{11} のタイミングで

印加電圧が正の電圧 V_p から負の電圧 V_n に切り換えられる。また、時間 t_3 （0～数10ms）が経過した T_{12} のタイミングでピーク電流値 I_o が検出されると共に、電圧が正の電圧 V_p に戻される。

【0054】さらに時間 t_4 （数10ms～数100ms）が経過した T_{13} のタイミングでは、ピーク電流値 I_o により劣化判定が行われる。このとき、実線で示すように $I_o \geq I_{os}$ であれば、正常判定がなされる（図8のステップ176がNO）。一方、破線で示すように $I_o < I_{os}$ であれば、劣化判定がなされる（図8のステップ176のYES）。

【0055】ここで、電圧切換時におけるピーク電流値 I_o の変化量が酸素センサ5の劣化に伴い大きくなる理由について説明する。図12は酸素センサ6の検出素子部6における等価回路を示す。図12において、「 R_b 」は抵抗支配域での内部抵抗に対応し、「 R_d 」は限界電流発生域（過電圧支配領域）における固体電解質層16と電極（排気ガス側電極層18、大気側電極層19）との界面に存在する抵抗に対応する。「 C_d 」は同様に界面の静電容量である。但し、 $Z_{dc} = R_b + R_d$ である。この場合、印加電圧を切り換えた直後は、電流は抵抗 R_b から抵抗 R_d に至る経路（図の①の経路）を通るため、ピーク電流値 I_o は抵抗 R_b によって決定される（次の（4）式）。

【0056】

$$I_o = I_p - (V_p - V_n) / R_b \quad \dots (4)$$

また、酸素センサ5が劣化した場合、センサ内部は以下に示す現象を呈する。即ち、酸素センサ5の電極（排気ガス側電極層18及び大気側電極層19）は白金でポラス状に形成されているが、劣化することにより凝集され、固体電解質層16への酸素の通過が妨げられる。この場合、抵抗 R_d （界面抵抗）が大きくなる。そして、上記の劣化状態で内部抵抗 Z_{dc} を一定にすべくヒータ制御を行うと、劣化前よりもヒータ7が高温に制御され、抵抗 R_b を小さくする必要が生じる。従って、劣化後には、劣化前に比べ内部抵抗 Z_{dc} （ $= R_b + R_d$ ）が同じであっても、抵抗 R_b は小さくなる。よって、ピーク電流値 I_o が負の方向に大きくなる。

【0057】以上詳述した本第1実施例によれば、電圧切換時のピーク電流値 I_o の変化を監視することにより、容易に且つ精度良く酸素センサ5の劣化判定を行うことができる。また、近年の空燃比制御システムでは、エミッションをできる限り低減させることが望まれることから、上述の如く内部抵抗 Z_{dc} を一定値に保持するヒータの通電制御（図7のフィードバック制御）の採用が提唱されているが、本実施例では特に上記ヒータ制御を用いたシステムに好適に用いることができる。

【0058】さらに、印加電圧を「 V_p 」→「 V_n 」→「 V_p 」と切り換える際には、各電圧切り換え時に収束を待つための待機時間（通常は数10ms～数100m

s）を要するが、本実施例の劣化判定時においては劣化判定要素としてのピーク電流値 I_o を検出する際に僅かな時間（0～数10ms）しか必要としない。そのため、劣化判定の所要時間の短縮化を図ることができる。

【0059】（第2実施例）次に、請求項3及び4に記載の発明を具体化した第2実施例について、第1実施例との相違点を中心に説明する。なお、上記第1実施例では、酸素センサ5の内部抵抗 Z_{dc} を目標値に一致させるべくヒータ通電をフィードバック制御していたが、本第2実施例では、そのヒータ通電をオープン制御に変更している。図13のフローチャートは第2実施例におけるメインルーチンを示し、これは第1実施例の図4のフローチャートに相当する。また、図14のフローチャートは第2実施例におけるセンサ劣化判定ルーチンを示し、これは第1実施例の図8のフローチャートに相当する。

【0060】図13のメインルーチンでは、前記図4と比べて内部抵抗検出に関する処理（図4のステップ120、130）と、ヒータ制御に関する処理（図4のステップ140、150）とが省略されており、ヒータ制御に関しては、図示しない制御回路にて制御デューティ一定のオープン制御が行われている。

【0061】さて、図13のメインルーチンが開始されると、CPU2aは先ずステップ210で空燃比検出ルーチン（A/F検出ルーチン）を実行する。この空燃比検出ルーチンは、図4のステップ110（図5）と全く同じでよいので、ここでは説明を割愛する。

【0062】その後、CPU2aは、ステップ220で酸素センサ5の劣化を検出するか否かを判別し、劣化判別するとなれば、ステップ230に進む。以下、図14を用いてセンサ劣化判定ルーチンを説明する。

【0063】図14において、ステップ231～233は図8のステップ171～173と同じ処理であり、CPU2aは、ステップ231で負の電圧 V_n を印加し、ステップ132で所定時間 t_3 （0～数10ms）だけ待機し、ステップ233でピーク電流値 I_o の検出及び当該検出値のRAM2cへの記憶を行う。そして、ピーク電流値 I_o の検出後、CPU2aは、ステップ234で時間 t_5 （数10ms～数100ms）だけ待機した後に、ステップ235で収束電流値 I_n を検出しRAM2cに記憶させる。ここで、時間 t_5 は電圧切り換え後に電流が完全に収束するのに必要な時間である。その後、CPU2aは、ステップ236で検出素子部6に元の電圧 V_p を印加する。

【0064】その後、CPU2aは、ステップ237で図16に示す $I_o - I_n$ マップを用い、RAM2c内の最新の電流値 I_o 、 I_n （ステップ233、235の検出値）に基づき酸素センサ5の劣化判定を行う。つまり、図16のマップはROM2b内に予め設定されているものであり、劣化判定線L3を境にして劣化領域（図

10

20

30

40

50

の領域A)と正常領域(図の領域B)とに区分されている。劣化判定線L3は、収束電流値 I_n が負側に大きくなるほど上昇線を描くように設定されている。この場合、その時の収束電流値 I_n とピーク電流値 I_o とを結ぶ点が領域Bにあれば、CPU2aはセンサ正常であるとみなしてステップ237を否定判別する。

【0065】また、その時の収束電流値 I_n とピーク電流値 I_o とを結ぶ点が領域Aにあれば、CPU2aは劣化しているとみなしてステップ237を肯定判別する。そして、CPU2aは、ステップ238に進んで劣化判定信号をエンジン制御用ECU21に出力する。ステップ237、238の処理後、CPU2aは、ステップ239で次の空燃比検出が精度良く実施できるように時間 t_6 (数10ms~数100ms)だけ待機し、その後、本ルーチンを終了する。

【0066】上記図14の処理を図15のタイムチャートを用いてより具体的に説明する。つまり図15では、T21のタイミングで印加電圧が正の電圧 V_p から負の電圧 V_n に切り換えられ、時間 t_3 (0~数10ms)が経過したT22のタイミングでピーク電流値 I_o が検

出される。【0067】さらに時間 t_5 (数10ms~数100ms)が経過したT23のタイミングでは、印加電圧が元の電圧 V_p に戻される。またこのとき、ピーク電流値 I_o と収束電流値 I_n とに基づき劣化判定が行われる。その後、時間 t_6 が経過したT24のタイミングで図14のルーチンが終了する。

【0068】ここで、前記図16のマップにおいては、劣化判定線L3を以下の如く設定している。つまり、予め酸素センサ5の初期特性(図に破線で示す)を計測しておき、それからピーク電流値 I_o を数%だけ負側に増加させたラインを劣化判定線L3としている。増加させる割合は、判定したい度合で変更され、比較的初期の劣化を判定したい場合には、初期特性に近づければよい。また、電流値 I_o と I_n との関係は、限界電流値 I_p 等にも多少相関があるため、より厳密に劣化判定を行う場合には、上記図16の2次元マップに限界電流値 I_p 等の要素を加え、3次元以上のマップとしてもよい。

【0069】以上詳述した本第2実施例によれば、ピーク電流値 I_o の変化量が、収束電流値 I_n に対応する劣化判定域を越えた時に当該センサが劣化している旨を判定するようにした。つまり、ヒータ通電をオープン制御する場合、酸素センサ5が劣化すると、当該センサ5の内部抵抗 Z_{dc} は増大する傾向にあるため、電圧切換後の収束電流(の絶対値)は小さくなる。この場合、ピーク電流の変化は劣化前と同等若しくはそれ以上となる。従って、ピーク電流の変化量と収束電流(の絶対値)との比は、劣化が進むほど大きくなる。その結果、酸素センサ5の劣化の旨を容易に判定することができる。

【0070】なお、本第2実施例では、ヒータ制御をオ

ープン制御としたが、上記第1実施例と同様にフィードバック制御としてもよい。この場合、内部抵抗 Z_{dc} が変化しないために収束電流値 I_n は変化しないが、抵抗 R_b (図12参照)の変化によりピーク電流値 I_o が劣化状況に応じて変動する。従って、前述の図16の関係をを用いて酸素センサ5の劣化判定が可能となる。

【0071】(第3実施例)以下、請求項5及び6に記載の発明を具体化した第3実施例について、上記第1、第2実施例との相違点を中心に説明する。なお、本第3実施例では、電圧切り換え時におけるピーク電流値 I_o と内部抵抗 Z_{dc} との関係に応じて酸素センサ5の劣化判定を行うものである。

【0072】つまり、酸素センサ5の内部抵抗 Z_{dc} と収束電流値 I_n とは「 $Z_{dc} = V_n / I_n$ 」という関係を有する。そこで、図14の収束電流値 I_n を用いた劣化判定に代えて、内部抵抗 Z_{dc} を用いた劣化判定を行う。図17のフローチャートは第3実施例におけるメインルーチンを示し、これは第1実施例の図4のフローチャートに相当する。また、図18のフローチャートは第3実施例におけるセンサ劣化判定ルーチンを示し、これは第1実施例の図8のフローチャートに相当する。

【0073】図17のメインルーチンでは、前記図4と比較してヒータ制御に関する処理(図4のステップ140、150)が省略されており、ヒータ制御に関しては、図示しない制御回路により制御デューティ一定のオープン制御が行われている。但し、ヒータ制御を第1実施例と同様にPI制御にて実施してもよいし、酸素センサ5の素子温を目標温度に保持すべく素子温フィードバック制御を実施してもよい。

【0074】さて、図17のメインルーチンが開始されると、CPU2aは先ずステップ310で空燃比検出ルーチンを実行する。また、CPU2aは、ステップ320で内部抵抗 Z_{dc} を検出するか否かを判別し、検出するのであれば、ステップ330で内部抵抗検出ルーチンを実行する。なお、ステップ310~330の処理は、図4のステップ110(図5)、120、130(図6)と全く同じでよいので、ここでは説明を割愛する。

【0075】その後、CPU2aは、ステップ340で酸素センサ5の劣化を検出するか否かを判別し、劣化判別するとなれば、ステップ350に進む。以下、図18を用いてセンサ劣化判定ルーチンを説明する。

【0076】なお、図18において、ステップ351~355は図8のステップ171~175と同じ処理である。即ち、CPU2aは、ステップ351で負の電圧 V_n を印加し、ステップ352で所定時間 t_3 (0~数10ms)だけ待機する。また、ステップ353ではピーク電流値 I_o を検出すると共に当該検出値をRAM2cに記憶する。ステップ354では電圧を負の電圧 V_n から正の電圧 V_p へ切り換え、ステップ355では所定時間 t_5 (数10~数100ms)だけ待機する。その

後、CPU 2 aは、ステップ356で図20に示すI o-Z d cマップを用い、RAM 2 c内の最新の電流値I o、内部抵抗Z d c（ステップ353で検出したI o、図17のステップ330で検出したZ d c）に基づき酸素センサ5の劣化判定を行う。つまり、図20のマップはROM 2 b内に予め設定されているものであり、劣化判定線L 4を境にして劣化領域（図の領域C）と正常領域（図の領域D）とに区分されている。劣化判定線L 4は、内部抵抗Z d cが小さくなるほど上昇線を描くように設定されている。この場合、その時の内部抵抗Z d cとピーク電流値I oとを結ぶ点が領域Dにあれば、CPU 2 aはセンサ正常であるとみなしてステップ356を否定判別する。

【0077】また、その時の内部抵抗Z d cとピーク電流値I oとを結ぶ点が領域Cにあれば、CPU 2 aは酸素センサ5が劣化しているとみなしてステップ356を肯定判別する。そして、CPU 2 aは、ステップ357に進んで劣化判定信号をエンジン制御用ECU 21に出力する。ステップ356、357の処理後、CPU 2 aは、本ルーチンを終了する。

【0078】上記図18の処理を図19のタイムチャートを用いてより具体的に説明する。つまり図19では、T31のタイミングで電圧が正の電圧V pから負の電圧V nに切り換えられ、時間t3（0～数10ms）が経過したT32のタイミングでピーク電流値I oが検出されると共に印加電圧が正の電圧V pに戻される。その後、時間t4が経過したT33のタイミングでピーク電流値I oと内部抵抗Z d cとに基づき劣化判定が行われる。

【0079】ここで、前記図20のマップにおいては、劣化判定線L 4を以下の如く設定している。つまり、上記図16と同様に、予め酸素センサ5の初期特性（図に破線で示す）を計測しておき、それからピーク電流値I oを数%だけ負側に増加させたラインを劣化判定線L 4としている。増加させる割合は、判定したい度合で変更され、比較的初期の劣化を判定したい場合には、初期特性に近づければよい。

【0080】以上、本第3実施例によれば、ピーク電流値I oの変化量が、内部抵抗Z d cに対応する劣化判定域を越えた時に当該センサが劣化している旨を判定するようにした。この場合、上記第1、第2実施例と同様に、精度良く酸素センサ5の劣化判定を行うことができる。

【0081】なお、本発明は上記実施例の他に、次の様態にて具体化することができる。

（1）上記実施例では、内部抵抗Z d cを検出するために酸素センサ5への印加電圧を一旦、V pからV nに切り換え、電圧V nにより電流値I nを検出したが、特公平4-24657号公報のように交流インピーダンスによって求めてもよい。この場合、酸素センサ5に交流電

圧を印加し、その電圧振幅とそれによる電流振幅とから内部抵抗Z d cを測定する。また、特公平7-18837号公報のように測定してもよい。

【0082】（2）上記実施例では、酸素センサ5の印加電圧を正の電圧V pから負の電圧V nに切り換えた際に生じるピーク電流の変化に基づき同センサ5の劣化判定を行ったが、負の電圧V nから正の電圧V pに切り換えた際に生じるピーク電流の変化（例えば、図10のT2のタイミングで生じるピーク電流の変化）に基づき同センサ5の劣化判定を行うようにしてもよい。この場合にも、上記実施例と同等の効果が得られる。

【0083】（3）上記実施例では、空燃比検出時において電圧V pを検出したい空燃比範囲に応じて固定値としたが、これを可変に設定してもよい。つまり、図21に示す印加電圧設定線L 5を用い、その設定線L 5上でその時の限界電流値I p（空燃比）に応じた電圧V pを設定する（ $V p = Z \cdot I p + V e$ ）。但し、設定線L 5の傾きZは素子の内部抵抗にほぼ一致し、V軸との切片V eは理想空燃比（ $I p = 0 \text{ mA}$ ）での限界電流域のほぼ中間点に相当する。

【0084】（4）酸素センサ5の検出素子部6の温度（素子温度）を検出し、その素子温度と内部抵抗Z d cとの対応関係により内部抵抗Z d cを測定するようにしてもよい。

【0085】

【発明の効果】請求項1に記載の発明によれば、酸素センサの印加電圧を切り換えた直後において電流が所定値に収束するまでの電流変化（ピーク電流値の変化）を検出し、その検出結果から劣化判定を行うことにより、新規な方法で且つ精度良く酸素センサの劣化判定を行うことができるという優れた効果を発揮する。

【0086】請求項2に記載の発明によれば、酸素センサの内部抵抗を目標値に一致させるべくヒータの通電をフィードバック制御する装置について、内部抵抗が一定値に維持される状態であっても当該センサの劣化判定を精度良く行うことができる。

【0087】請求項3、4に記載の発明によれば、電圧切り換え直後のピーク電流値と、収束後の収束電流値との関係を用いることにより、酸素センサの劣化判定を精度良く行うことができる。

【0088】請求項5、6に記載の発明によれば、電圧切り換え直後のピーク電流値と、センサの内部抵抗との関係を用いることにより、酸素センサの劣化判定を精度良く行うことができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】実施例における空燃比検出装置の電氣的構成を示す概略図。

【図2】酸素センサの構成を示す断面図。

【図3】酸素センサの電圧-電流特性を示す図。

【図4】メインルーチンを示すフローチャート。

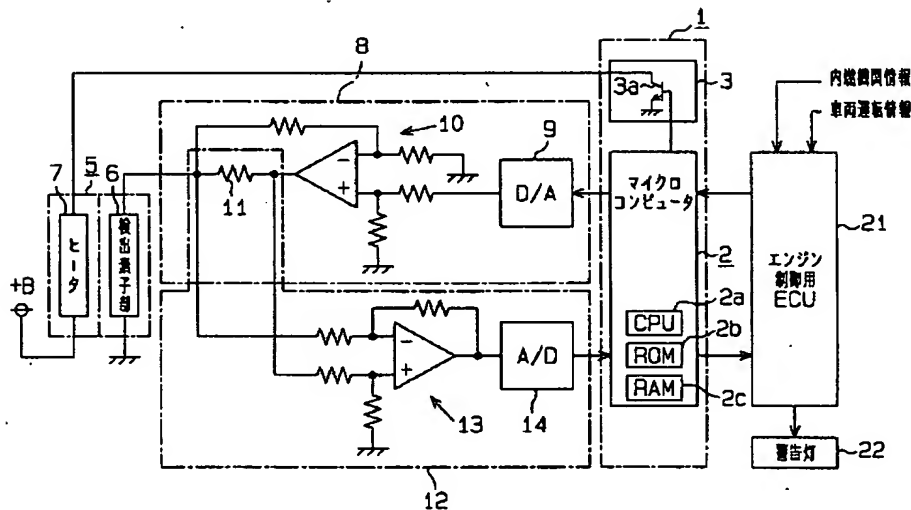
17

- 【図 5】空燃比検出ルーチンを示すフローチャート。
 【図 6】内部抵抗検出ルーチンを示すフローチャート。
 【図 7】ヒータ制御ルーチンを示すフローチャート。
 【図 8】センサ劣化判定ルーチンを示すフローチャート。
 【図 9】限界電流値-空燃比マップ。
 【図 10】図 6 の内部抵抗検出ルーチンの作用をより具体的に説明するためのタイムチャート。
 【図 11】図 8 のセンサ劣化判定ルーチンの作用をより具体的に説明するためのタイムチャート。
 【図 12】酸素センサの等価回路と、印加電圧及びセンサ電流の波形とを示す図。
 【図 13】第 2 実施例におけるメインルーチンを示すフローチャート。
 【図 14】第 2 実施例におけるセンサ劣化判定ルーチンを示すフローチャート。
 【図 15】図 14 のセンサ劣化判定ルーチンの作用をより

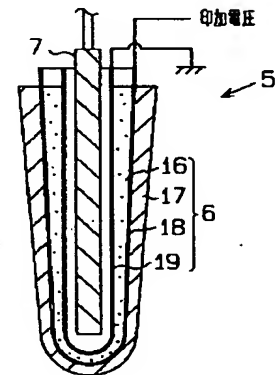
18

- り具体的に説明するためのタイムチャート。
 【図 16】ピーク電流値と収束電流値との関係に基づく劣化領域を示す図。
 【図 17】第 3 実施例におけるメインルーチンを示すフローチャート。
 【図 18】第 3 実施例におけるセンサ劣化判定ルーチンを示すフローチャート。
 【図 19】図 18 のセンサ劣化判定ルーチンの作用をより具体的に説明するためのタイムチャート。
 【図 20】ピーク電流値と内部抵抗との関係に基づく劣化領域を示す図。
 【図 21】酸素センサの電圧-電流特性に印加電圧設定線を付記した図。
 【符号の説明】
 2a…電圧切換手段、電流変化検出手段、劣化判定手段、内部抵抗検出手段、ヒータ制御手段、収束電流検出手段としての CPU、5…酸素センサ、7…ヒータ。

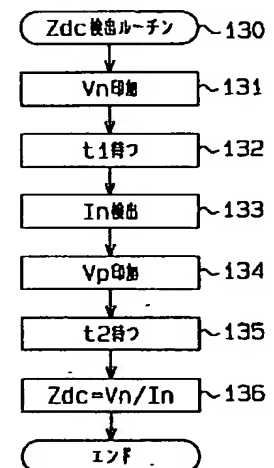
【図 1】



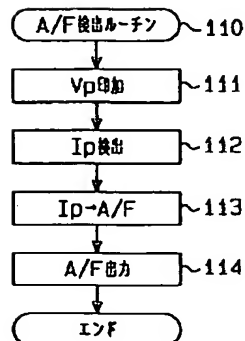
【図 2】



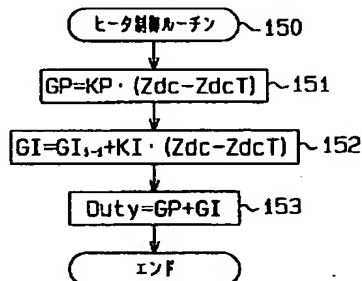
【図 6】



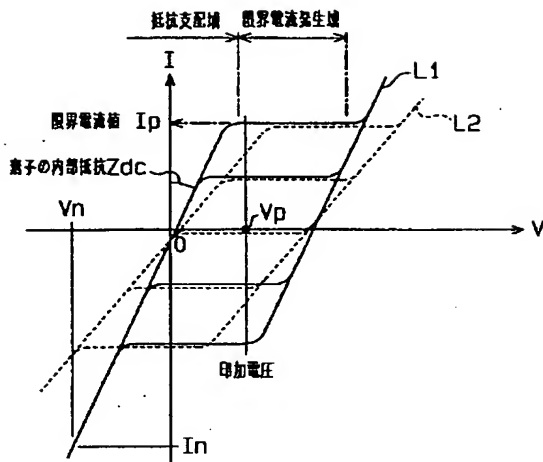
【図 5】



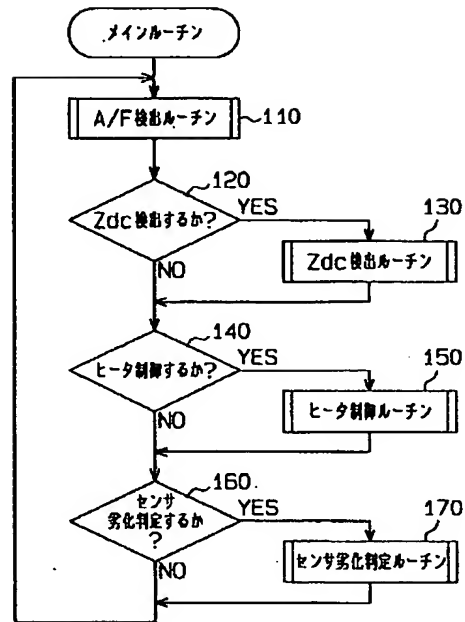
【図 7】



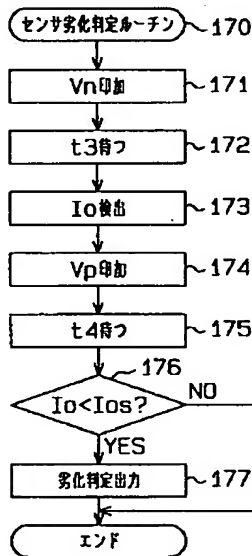
【図3】



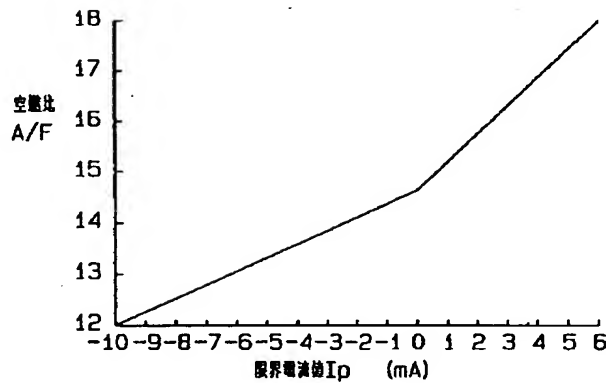
【図4】



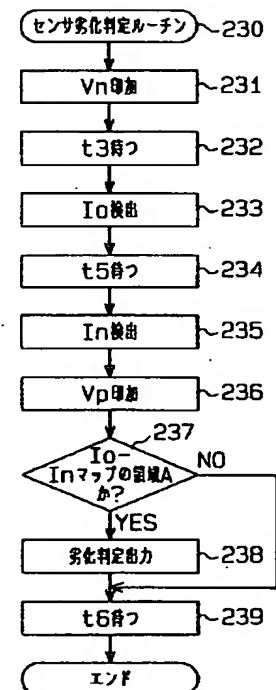
【図8】



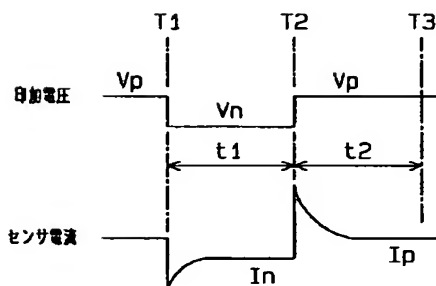
【図9】



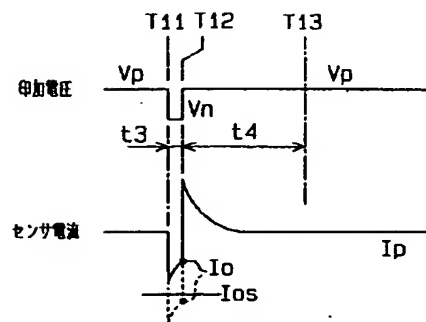
【図14】



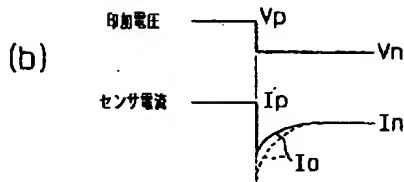
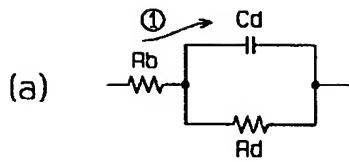
【図10】



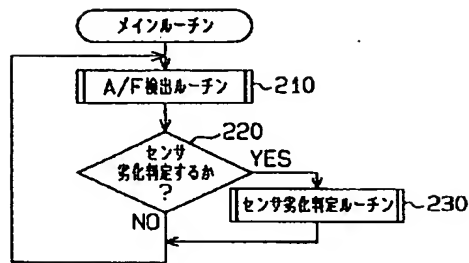
【図11】



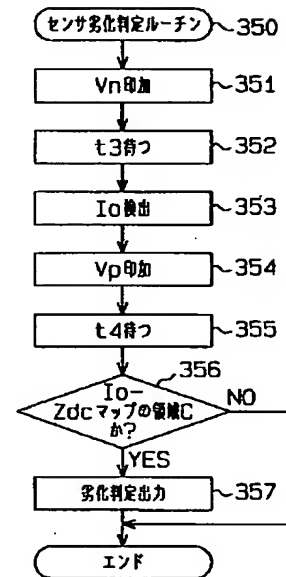
【図12】



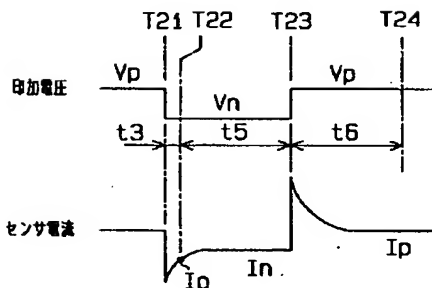
【図13】



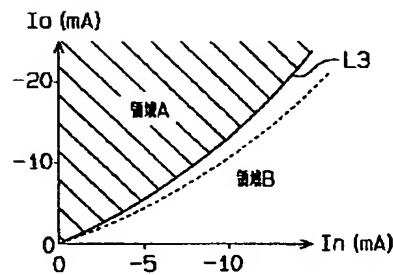
【図18】



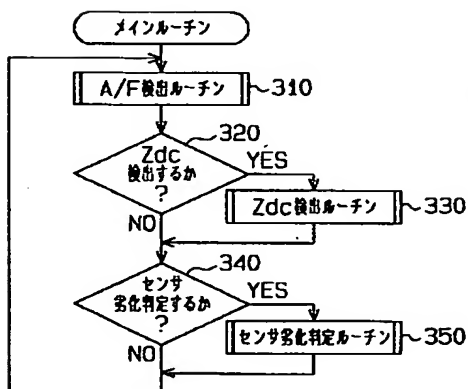
【図15】



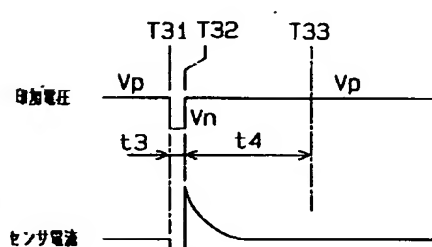
【図16】



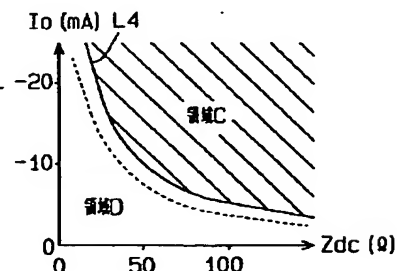
【図17】



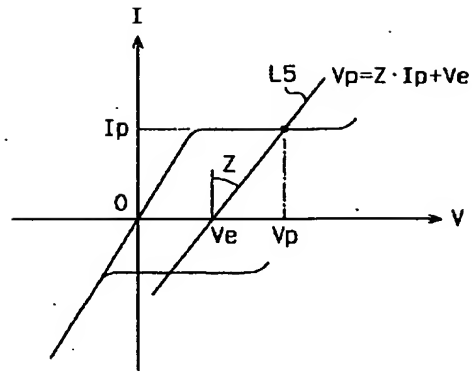
【図19】



【図20】



【図 2 1】



PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 08-338823

(43)Date of publication of application : 24.12.1996

(51)Int.Cl.

G01N 27/26

G01N 27/41

(21)Application number : 07-146549

(71)Applicant : NIPPONDENSO CO LTD

(22)Date of filing : 13.06.1995

(72)Inventor : MIZOGUCHI ASAMICHI

TAKAMI MASAYUKI

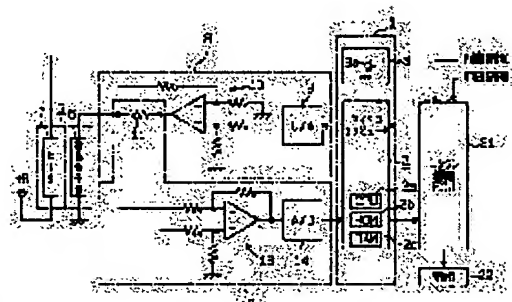
OKAZAKI KAZUHIRO

(54) APPARATUS FOR DETECTING DETERIORATION OF OXYGEN SENSOR

(57)Abstract:

PURPOSE: To detect the deterioration of an oxygen sensor in a novel method accurately.

CONSTITUTION: An oxygen sensor 5 has a detection element part 6 which outputs an almost constant limit current corresponding to a concentration of oxygen (air/fuel ratio) as a voltage is impressed, and a heater 7 for heating the detection element part 6. A CPU 2a of a microcomputer 2 detects an internal resistance of the oxygen sensor 5 and feedback-controls the supply of power in the heater 7 so that the internal resistance agrees with a target value. When it is to be detected whether the sensor is deteriorated, the CPU 2a switches the voltage impressed to the oxygen sensor 5 from a positive voltage to a negative voltage, and detects a peak current generated immediately after the voltage is switched. Moreover, the CPU 2a judges that the sensor 5 is deteriorated when the changing amount of the peak current exceeds a predetermined deterioration judgment value.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

01.10.2001

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

* NOTICES *

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] Deterioration judging equipment which is characterized by providing the following and which is applied to an oxygen sensor which outputs the almost fixed limiting current corresponding to an oxygen density with voltage impression A voltage means for switching which switches applied voltage of said oxygen sensor to predetermined voltage A current change detection means to set by the time it is completed by current by said oxygen sensor from immediately after a voltage switch by said voltage means for switching, and to detect current change accompanying said voltage switch A deterioration judging means to judge a purport in which said oxygen sensor has deteriorated based on current change detected by said current change detection means

[Claim 2] An internal resistance detection means to detect internal resistance of said oxygen sensor, and a heater attached to said oxygen sensor, It has a heater control means which carries out feedback control of the energization to said heater in order to lose deflection of detected sensor internal resistance by said internal resistance detection means, and predetermined desired value. Said deterioration judging means is deterioration judging equipment of an oxygen sensor according to claim 1 which judges a purport in which the sensor concerned has deteriorated when current change immediately after a voltage switch detected by said current change detection means crosses a deterioration judging region corresponding to voltage change by said voltage means for switching.

[Claim 3] It has a convergence current detection means to detect the current value concerned when being completed by sensor current after a voltage switch by said voltage means for switching. Said deterioration judging means Deterioration judging equipment of an oxygen sensor according to claim 1 which judges a purport in which the sensor concerned has deteriorated when current change immediately after a voltage switch detected by said current change detection means crosses a deterioration judging region corresponding to convergence current detected by said convergence current detection means.

[Claim 4] Said deterioration judging means is deterioration judging equipment of an oxygen sensor according to claim 3 with which a case where an absolute value of said convergence current is larger sets up said deterioration judging region in the direction in which said current change becomes large.

[Claim 5] It is deterioration judging equipment of the oxygen sensor according to claim 1 which is equipped with an internal-resistance detection means detect internal resistance of said oxygen sensor, and judges a purport in which the sensor concerned has deteriorated when, as for said deterioration judging means, current change immediately after a voltage switch detected by said current change detection means crosses a deterioration judging region corresponding to sensor internal resistance detected by said internal-resistance detection means.

[Claim 6] Said deterioration judging means is deterioration judging equipment of an oxygen sensor according to claim 5 with which a case where said sensor internal resistance is larger sets up said deterioration judging region in the direction in which said current change becomes small.

[Translation done.]

* NOTICES *

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.**** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Industrial Application] This invention relates to the deterioration judging equipment applied to the oxygen sensor of a limiting current method.

[0002]

[Description of the Prior Art] In recent years, for example, car motor, the oxygen sensor of the limiting current method which detects an air-fuel ratio to a linear according to the oxygen density in exhaust gas is adopted. When the oxygen sensor of this limiting current method outputs the almost fixed limiting current corresponding to oxygen concentration with voltage impression and it is appointed as the Air Fuel Ratio Control system of said car motor, an air-fuel ratio is called for according to the sensor output at that time (limiting current value).

[0003] Moreover, in the above-mentioned oxygen sensor, the technology of detecting deterioration with time with a sufficient precision is demanded, and the "deterioration detection method of an exhaust air concentration sensor" of JP,4-233447,A is indicated as this kind of conventional technology. If the internal resistance of the oxygen sensor concerned is computed and that internal resistance value becomes large, he is trying to judge with the oxygen sensor having deteriorated in this official report from the output current of the oxygen sensor when impressing voltage to an oxygen sensor.

[0004]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] However, in the case of an official report, the problem shown below is produced conventionally [above-mentioned]. That is, it is necessary to hold the main parts of a sensor (solid electrolyte layer etc.) to a predetermined activity temperature (for example, 650 degrees C), a heater may be built in an oxygen sensor and energization of this heater may be controlled to detect the limiting current with a sufficient precision in the case of an above-mentioned oxygen sensor. In this case, though the oxygen sensor has deteriorated, internal resistance is maintained by about 1 constant value as a result by the increase of the amount of energization, or being carried out [of a heater]. Therefore, the problem that that cannot be performed even if it is originally in the condition of deterioration is caused.

[0005] This invention is made paying attention to the above-mentioned problem, and the place made into that object is to offer the deterioration judging equipment of the oxygen sensor which is a new method and can perform the deterioration judging of an oxygen sensor with a sufficient precision.

[0006]

[Means for Solving the Problem] In order to attain the above-mentioned object, invention according to claim 1 A voltage means for switching which is deterioration judging equipment applied to an oxygen sensor which outputs the almost fixed limiting current corresponding to an oxygen density with voltage impression, and switches applied voltage of said oxygen sensor to predetermined voltage, A current change detection means to set by the time it is completed by current by said oxygen sensor from immediately after a voltage switch by said voltage means for switching, and to detect current change accompanying said voltage switch, It is making into a summary to have a deterioration judging means to judge a purport in which said oxygen sensor has deteriorated based on current change detected by said current change detection means.

[0007] An internal resistance detection means to detect internal resistance of said oxygen sensor in invention according to claim 1 in invention according to claim 2, It has a heater control means which carries out feedback control of the energization to said heater in order to lose deflection of a heater attached to said oxygen sensor, and detected sensor internal resistance by said internal resistance detection means and predetermined desired value. Said deterioration judging means judges a purport in which the sensor concerned has deteriorated, when current change immediately after

a voltage switch detected by said current change detection means crosses a deterioration judging region corresponding to voltage change by said voltage means for switching.

[0008] It has a convergence current detection means to detect the current value concerned when being completed by sensor current after a voltage switch by said voltage means for switching in invention according to claim 1 in invention according to claim 3. Said deterioration judging means judges a purport in which the sensor concerned has deteriorated, when current change immediately after a voltage switch detected by said current change detection means crosses a deterioration judging region corresponding to convergence current detected by said convergence current detection means.

[0009] In invention according to claim 4, as for said deterioration judging means, a case where an absolute value of said convergence current is larger sets up said deterioration judging region in the direction in which said current change becomes large in invention according to claim 3.

[0010] In invention according to claim 5, in invention according to claim 1, it has an internal-resistance detection means detect internal resistance of said oxygen sensor, and said deterioration judging means judges a purport in which the sensor concerned has deteriorated, when current change immediately after a voltage switch detected by said current change detection means crosses a deterioration judging region corresponding to sensor internal resistance detected by said internal resistance detection means.

[0011] In invention according to claim 6, as for said deterioration judging means, a case where said sensor internal resistance is larger sets up said deterioration judging region in the direction in which said current change becomes small in invention according to claim 5.

[0012]

[Function] According to invention according to claim 1, a voltage means for switching switches the applied voltage of an oxygen sensor to predetermined voltage. A current change detection means will be set by the time it is completed from immediately after the voltage switch by the voltage means for switching by the current by said oxygen sensor, and it detects the current change accompanying said voltage switch. A deterioration detection means judges the purport in which said oxygen sensor has deteriorated based on current change detected by the current change detection means.

[0013] When current (this is hereafter called peak current) steep in a negative direction occurs in a limiting current type oxygen sensor in short when applied voltage is switched to negative voltage from positive voltage, for example, and applied voltage is switched to reverse from negative voltage at positive voltage, it is known that steep current (peak current) will occur in the positive direction. Since the magnitude of the peak current corresponds to the deterioration condition of an oxygen sensor in this case, deterioration of an oxygen sensor is detected with a sufficient precision by the above-mentioned configuration.

[0014] According to invention according to claim 2, an internal resistance detection means detects the internal resistance of an oxygen sensor. A heater control means carries out feedback control of the energization to said heater so that it may lose the deflection of the detected sensor internal resistance by the internal resistance detection means, and predetermined desired value. A deterioration judging means judges the purport in which the sensor concerned has deteriorated, when the current change immediately after the voltage switch detected by the current change detection means crosses the deterioration judging region corresponding to the voltage change by said voltage means for switching.

[0015] That is, a limiting current type oxygen sensor can be expressed in the equal circuit of drawing 12 (a). However, "Rb" is [resistance of the interface of an electrolyte and an electrode and "Cd of electrolytic internal resistance and "Rd""] the electrostatic capacity of an interface. If the porous electrode of an oxygen sensor produces blinding etc. with sensor deterioration in this case, the resistance Rd of drawing 12 (a) will increase. However, if feedback control of the internal resistance of an oxygen sensor is carried out to desired value, Resistance Rb will decrease as a result. Therefore, in the current path (path of ** of drawing) immediately after switching applied voltage, change of the peak current becomes large. Thereby, change of the peak current crosses a deterioration judging region, and the purport of deterioration is judged.

[0016] When it is switched to the negative voltage Vn from the positive voltage **** at this time, for example, applied voltage, the peak current value Io is calculated by the following formula.

In order to judge $I_o = I_p - (**** - V_n) / R_b$, therefore this peak current value Io, it is desirable to carry out based on the deterioration judging region corresponding to the voltage variation by the voltage means for switching. In addition, drawing 12 (b) shows the current change accompanying a voltage switch, the continuous line of sensor current shows the wave of positive always (before deterioration), and the dashed line of this sensor current shows the wave after deterioration.

[0017] According to invention according to claim 3, a convergence current detection means detects the current value

concerned when being completed by sensor current after the voltage change over by the voltage means for switching. A deterioration judging means judges the purport in which the sensor concerned has deteriorated, when the current change immediately after the voltage switch detected by the current change detection means crosses the deterioration judging region corresponding to the convergence current detected by said convergence current detection means.

[0018] That is, if an oxygen sensor deteriorates, since the internal resistance (total resistance containing R_b of drawing 12 mentioned above and R_d) of the sensor concerned tends to increase, the convergence current after a voltage switch (absolute value) will become small. Therefore, the ratio of the change and convergence current (absolute value) of the peak current becomes so large that deterioration progresses, and that is judged by the deterioration judging means. A more exact deterioration judging is realizable by setting up a deterioration judging region, as especially indicated to claim 4.

[0019] According to invention according to claim 5, an internal resistance detection means detects the internal resistance of an oxygen sensor. A deterioration judging means judges the purport in which the sensor concerned has deteriorated, when the current change immediately after the voltage switch detected by the current change detection means crosses the deterioration judging region corresponding to the sensor internal resistance detected by said internal resistance detection means.

[0020] That is, when an oxygen sensor deteriorates, the sensor internal resistance of the sensor concerned is in the inclination of buildup. Therefore, the ratio of the change and sensor internal resistance of the peak current becomes so large that deterioration progresses, and that is judged by the deterioration judging means. A more exact deterioration judging is realizable by setting up a deterioration judging region, as especially indicated to claim 6.

[0021] In addition, with the configuration of above-mentioned claim 2, feedback control of the energization of a heater was carried out in order to perform the deterioration judging of a sensor only by change of the peak current at the time of a voltage switch, and to have made sensor internal resistance in agreement with desired value, but with the configuration of claims 3-6, in order for the relative comparison with convergence voltage or sensor internal resistance to perform a deterioration judging, the above-mentioned feedback control is not made into requirements. Therefore, somatization becomes possible also at the equipment which only energizes a heater by opening control (of course, the configuration of claims 3-6 can be materialized also with the equipment of feedback control).

[0022]

[Example]

(The 1st example) The 1st example which materialized this invention with the air-fuel ratio detection equipment of an automobile engine is hereafter explained according to a drawing.

[0023] Drawing 1 is the circuit diagram showing the outline of the air-fuel ratio detection equipment in this example. In drawing 1, the electronic control (henceforth ECU) 1 is constituted centering on CPU (central processing unit) 2a, ROM (read-only memory) 2b, and the microcomputer 2 equipped with RAM (random access memory) 2c. This microcomputer 2 inputs the amperometry value of the oxygen sensor 5 of the limiting current method mentioned later, and outputs it in quest of an air-fuel ratio according to a predetermined operation program. Moreover, ECU21 for engine control is connected to the microcomputer 2, and the air-fuel ratio called for with said microcomputer is outputted to ECU21 for engine control. ECU21 for engine control carries out feed back control of air-fuel ratio based on the above-mentioned air-fuel ratio, other internal combustion engine information, and vehicles operation information.

[0024] On the other hand, a microcomputer 2 judges deterioration of an oxygen sensor 5, and outputs the deterioration judging signal to ECU21 for engine control. ECU21 for engine control indicates the alarm lamp 22 by burning according to a deterioration judging signal, and notifies a driver etc. of the purport of deterioration of an oxygen sensor 5.

[0025] The oxygen sensor 5 is formed in the exhaust pipe of the internal combustion engine which does not illustrate, and has the sensing element section 6 and a heater 7. The sensing element section 6 generates the limiting current corresponding to the oxygen concentration in an air-fuel ratio Lean field, or the carbon monoxide (CO) concentration in an air-fuel ratio rich field, and a heater 7 heats the sensing element section 6 to activity temperature (for example, about 650 degrees C or more). In this case, the heater energization control circuit 3 established in the microcomputer 2 controls the energization current to a heater 7, and, thereby, the temperature of the sensing element section 6 is held in an activity temperature requirement. The heater energization control circuit 3 has transistor 3a as a switching element, and, specifically, the end of a heater 7 is connected to the collector terminal of this transistor 3a. In connection with the energization signal from a microcomputer 2, the on-off action of the transistor 3a is carried out, and it carries out duty control of the energization of a heater 7. Moreover, battery power supply +B is connected to the other end of a heater 7.

[0026] Between a microcomputer 2 and the sensing element section 6, the voltage impression section 8 and the amperometry section 12 are connected. And the applied voltage for limiting current detection controlled by the

microcomputer 2 is impressed to the sensing element section 6 through D/A converter 9 of the voltage impression section 8, an operational amplifier 10, and resistance 11. Moreover, the measured value of the limiting current generated in the sensing element section 6 is inputted into a microcomputer 2 through the resistance 11 of the amperometry section 12, an operational amplifier 13, and A/D converter 14.

[0027] Drawing 2 is the cross section showing the structure of an oxygen sensor 5 roughly. In the sensing element section 6, to the outside surface of the solid electrolyte layer 16 formed in the shape of a cross-section cup, the exhaust gas lateral electrode layer 18 fixed, and the atmospheric-air lateral electrode layer 19 has fixed to the internal surface. Moreover, the diffused-resistor layer 17 is formed in the outside of the exhaust gas lateral electrode layer 18 by the plasma metal spray method etc. the solid electrolyte layer 16 -- ZrO_2 , HfO_2 , ThO_2 , and Bi_2O_3 etc. -- CaO , MgO , Y_2O_3 , and Yb_2O_3 etc. -- it consists of an oxygen ion conductivity oxide sintered compact made to dissolve as a stabilizer, and the diffused-resistor layer 17 consists of heat-resistant mineral matter, such as an alumina, MAGUNESHA, quality of a quartzite, a spinel, and a mullite. The exhaust gas lateral electrode layer 18 and the atmospheric-air lateral electrode layer 19 both consist of high noble metals of the catalytic activity of platinum etc., and are formed in both the front faces of the solid electrolyte layer 16 as porous chemical plating. In addition, the area and thickness of the exhaust gas lateral electrode layer 18 are 2 10-100mm. It reaches, and has become about 0.5-2.0 micrometers, and, on the other hand, the area and thickness of the atmospheric-air lateral electrode layer 19 are 2 10mm. They are the above and about 0.5-2.0 micrometers.

[0028] The heater 7 is held in the atmospheric-air lateral electrode layer 19, and heats the atmospheric-air lateral electrode layer 19, solid state electrode **** 16, the exhaust gas lateral electrode layer 18, and the diffused-resistor layer 17 with the exoergic energy. The heater 7 has sufficient exoergic capacity to activate the sensing element section 6.

[0029] And in the oxygen sensor 5 of the above-mentioned configuration, the sensing element section 6 generates shade electromotive force at a theoretical-air-fuel-ratio point, and generates the limiting current according to the oxygen density of the Lean field from a theoretical-air-fuel-ratio point. In this case, the limiting current corresponding to an oxygen density is determined by the area of the exhaust gas lateral electrode layer 18, the thickness of the diffused-resistor layer 17, porosity, and the average aperture. Moreover, rather than theoretical air fuel ratio, in the field by the side of rich, the concentration of the carbon monoxide (CO) which is unburned gas changes to a linear mostly to an air-fuel ratio, and the sensing element section 6 of an oxygen sensor 5 generates the limiting current according to CO concentration.

[0030] Here, the voltage-current property of an oxygen sensor 5 is explained using drawing 3. That is, as shown in drawing 3, ultimate lines L1 have the portion (a part for a bay parallel to the voltage shaft of drawing) with a minute change of the current which flows in this solid electrolyte layer 16, and the so-called "limiting current generating area", even if the voltage impressed to the solid electrolyte layer 16 of the sensing element section 6 changes (in addition, this field is also called overvoltage rule field). And the limiting current is specified in the limiting current generating area for this bay. The limiting current value of an oxygen sensor 5 is proportional to an air-fuel ratio, it increases, so that an air-fuel ratio is on the Lean side, and it decreases, so that an air-fuel ratio is conversely on a rich side.

[0031] Moreover, in this voltage-current property, the voltage region smaller than a limiting current generating area is a resistance control region, and the inclination of the ultimate lines L1 in that resistance control region is specified with the internal resistance of the solid electrolyte layer 16 in the sensing element section 6. Here, since the internal resistance of the solid electrolyte layer 16 changes in connection with a temperature change, if the temperature of the sensing element section 6 falls, the above-mentioned inclination will become small according to buildup of resistance. In this case, lowering of temperature specifies a voltage-current property as drawing 3 with the ultimate lines L2 shown with a dashed line. The limiting current by ultimate lines L2 is mostly in agreement with the limiting current by ultimate lines L1.

[0032] In addition, this example is equivalent to invention indicated to claim 1 or 2, and a voltage means for switching, the current change detection means, the deterioration judging means, the internal resistance detection means, and the heater control means are constituted by CPU2a in a microcomputer 2.

[0033] Next, an operation of the air-fuel ratio detection equipment constituted is explained like the above. The flow chart of drawing 4 shows the main routine performed by CPU2a in a microcomputer 2, and CPU2a carries out repeat activation of this routine at intervals of several ms.

[0034] Now, if the routine of drawing 4 starts, CPU2a will perform an air-fuel ratio detection routine (A/F detection routine) at step 110 first. Usually, repeat activation only of this air-fuel ratio detection routine is carried out at intervals of several ms, and when one conditions of step 120,140,160 mentioned later are satisfied, the internal resistance detection routine (Zdc detection routine) of step 130, the heater control routine of step 150, or the sensor deterioration

judging routine of step 170 is performed.

[0035] The content of each step is explained in full detail. in addition, drawing 5 -- the air-fuel ratio detection routine of step 110 -- in drawing 6 , drawing 7 shows the heater control routine of step 150, and drawing 8 shows the sensor deterioration judging routine of step 170 for the internal resistance detection routine of step 130, respectively.

[0036] Now, in the air-fuel ratio detection routine of drawing 5 , CPU2a impresses voltage **** (positive voltage) to the sensing element section 6 of an oxygen sensor 5 at step 111 first. The value of voltage **** makes all the ranges of an air-fuel ratio (limiting current value I_p) to detect, as shown in drawing 3 a detection possible value. For example, if internal resistance Z_{dc} wants to detect air-fuel ratio =12-18 by 30 ohms, it is good at ****=0.3 - 0.5[bolt].

[0037] Then, CPU2a detects the current value I_p which flows in the sensing element section 6, i.e., a limiting current value, when voltage **** is impressed at step 112. Furthermore, CPU2a changes the limiting current value I_p at that time into an air-fuel ratio (A/F) using the limiting current value-air-fuel ratio map shown in drawing 9 at step 113.

Moreover, CPU2a ends this routine, after outputting the air-fuel ratio obtained like the above at continuing step 114 to ECU21 for engine control.

[0038] On the other hand, at step 120 of drawing 4 , it distinguishes whether CPU2a detects the internal resistance Z_{dc} of an oxygen sensor 5 after air-fuel ratio detection. At this time, when an engine rotational frequency, the pressure-of-induction-pipe force, an inhalation air content, the amount of exhaust gas, etc. change suddenly, it often [following the temperature change of exhaust gas as detection conditions for internal resistance Z_{dc}], and specifically judges with the detection important point of internal resistance Z_{dc} . in addition, this judgment -- every single time amount -- carrying out -- being periodic (every [for example,] second) -- you may make it detect internal resistance Z_{dc} In this case, it is not necessary to input internal combustion engine information into a microcomputer 2 through ECU21 for engine control.

[0039] And when affirmation distinction of the above-mentioned step 120 is carried out, CPU2a progresses to step 130 and performs the internal resistance detection routine of drawing 6 . That is, in drawing 6 , CPU2a impresses voltage V_n (negative voltage) to the sensing element section 6 of an oxygen sensor 5 at step 131. The value of this voltage V_n is the voltage of the resistance control region which does not start a limiting current generating area, as shown in drawing 3 , and it is specifically good at $V_n=-0.3 - -1$ [bolt].

[0040] Then, as for CPU2a, only time amount t_1 stands by at step 132. That is, if the applied voltage of an oxygen sensor 5 is switched to the negative voltage V_n from the positive voltage ****, as shown in drawing 10 , a steep current change (peak current) will occur immediately after a voltage switch, and it will converge on the current value I_n on the static characteristic after that (" I_n " is hereafter called convergence current value). Then, CPU2a makes RAM2c memorize the current value I_n concerned after a voltage switch while only the time amount t_1 (ms [several 10] - 100ms of numbers) which needs current to converge thoroughly detects the convergence current value I_n at step 133 after waiting and time amount t_1 progress.

[0041] Furthermore, while CPU2a returns the applied voltage of the sensing element section 6 to the original positive voltage **** from the negative voltage V_n at step 134, only time amount t_2 stands by at step 135. It is a standby time (several 10ms - 100ms of numbers) for completing thoroughly the peak current at the time of a voltage switch, as this time amount t_2 is also shown in drawing 10 .

[0042] Then, CPU2a computes the internal resistance Z_{dc} ($=V_n/I_n$) of the sensing element section 6 (solid electrolyte layer 16) at that time at step 136 from the negative voltage V_n of step 131, and the convergence current value I_n (negative current value) of step 133. In this drawing 6 , after only time amount t_1 and t_2 stands by like the above, the high detection result of precision is obtained by detecting a current value (I_n or I_p of drawing 5).

[0043] Processing of above-mentioned drawing 6 is more concretely explained using the timing diagram of drawing 10 . That is, in drawing 10 , voltage is switched to " V_n " from "****" to the timing of T_1 , and while the convergence current value I_n is detected to the timing of T_2 to have passed [t_1 (ms / several 10 / - 100ms of numbers)], voltage is returned to the original voltage ****. Internal resistance Z_{dc} is computed to the timing of T_3 to have passed [t_2 (ms / several 10 / - 100ms of numbers)] furthermore.

[0044] Moreover, at step 140 of the main routine of drawing 4 , it distinguishes whether CPU2a performs energization control of a heater 7. As an execution condition of heater control, like said step 120, when an engine rotational frequency, the pressure-of-induction-pipe force, an inhalation air content, the amount of exhaust gas, etc. change suddenly, it is materialized at this time. or [in addition, / that predetermined time has passed since the last heater control] -- responding -- the necessity of heater control -- you may judge -- this case -- heater control -- only -- being periodic (every [for example,] second) -- it is carried out.

[0045] And when affirmation distinction of the above-mentioned step 140 is carried out, CPU2a progresses to step 150 and performs the heater control routine of drawing 7 . That is, at this example, heater control is performed by the duty

ratio control by PWM (Pulse Density Modulation). At this time, the control duty Duty of a heater 7 is computed by the following (1), (2), and (3) types.

[0046]

$GP = KP \cdot (Zdc - ZdcT) \dots (1)$

$GI = GI_{i-1} + KI \cdot (Zdc - ZdcT) \dots (2)$

$Duty = GP + GI \dots (3)$

However, in the top type, in an integral term and "KP", a proportionality constant and "KI" express an integration constant, and "ZdcT" expresses ["GP" / the proportional and "GI"] aim resistance.

[0047] That is, in drawing 7, CPU2a computes the proportional GP according to the deflection of internal resistance Zdc using the above-mentioned (1) formula at step 151, and computes the integral term GI according to the deflection of internal resistance Zdc using the above-mentioned (2) formula at continuing step 152. And CPU2a computes the control duty Duty of a heater 7 using the above-mentioned (3) formula at step 153, and ends this routine after that. Energization control of the heater 7 is carried out by the heater energization control circuit 3 of drawing 1 based on the above-mentioned control duty Duty. In addition, in this example, although the so-called PI control is performed, it is also possible to change so that only PID control or I control may be performed.

[0048] Moreover, at step 160 of the main routine of drawing 4, it distinguishes whether CPU2a performs the deterioration judging of an oxygen sensor 5. At this time, as an execution condition of a deterioration judging, you may judge using operation information, such as mileage of vehicles, and the necessity of a deterioration judging may be judged according to whether predetermined time passed from the last deterioration judging.

[0049] And when affirmation distinction of the above-mentioned step 160 is carried out, CPU2a progresses to step 170 and performs the sensor deterioration judging routine of drawing 8. That is, in drawing 8, CPU2a impresses the negative voltage Vn to the sensing element section 6 of an oxygen sensor 5 at step 171 (applied voltage is switched to the negative voltage Vn from the positive voltage ****). As shown in drawing 3, it is the voltage of the resistance control region which does not start a limiting current generating area, and the value of this voltage Vn is the same as the voltage Vn of step 131 of drawing 6 (internal resistance detection routine) mentioned above, and good.

[0050] Then, as for CPU2a, only time amount t3 stands by at step 172. In this case, time amount t3 is time amount shorter than the time amount t1 (convergence time amount of the peak current at the time of a voltage switch) in step 132 of said drawing 6 ($t3 < t1$), and is specifically good by 0 - 10ms of numbers. And CPU2a makes RAM2c memorize the current value Io concerned while detecting the current value at that time (henceforth the peak current value Io) at step 173, after waiting only for time amount t3 (0 - 10ms of numbers).

[0051] Furthermore, while CPU2a impresses the original positive voltage **** to the sensing element section 6 at step 174, only time amount t4 stands by at step 175. This time amount t4 is a standby time (several 10ms - 100ms of numbers) for completing the peak current at the time of a voltage switch, and is the same time amount as the time amount t2 of drawing 6 mentioned above ($t4 = t2$).

[0052] Then, CPU2a distinguishes whether the peak current value Io detected at step 173 by step 176 is smaller than the predetermined deterioration decision value Ios. Here, although the deterioration decision values Ios differ according to the deterioration criterion for every system, they are set as a value usually smaller several mA than the peak current value Io at the time (always [sensor positive]) by this example. In this case, if it is $Io \geq Ios$, CPU2a will consider that it is sensor normal, will carry out negative distinction of step 176, and will end this routine as it is. On the other hand, if it is $Io < Ios$, it will consider that CPU2a is sensor deterioration, and will progress to step 177. CPU2a ends this routine, after outputting a deterioration judging signal to ECU21 for engine control at step 177. While ECU21 for engine control indicates the alarm lamp 22 by burning in this case, feed back control of air-fuel ratio is interrupted.

[0053] Processing of above-mentioned drawing 8 is more concretely explained using the timing diagram of drawing 11. In addition, in the wave of sensor current, a continuous line shows deterioration before (always [positive]), and a dashed line shows the deterioration back. That is, at drawing 11, applied voltage is switched to the negative voltage Vn from the positive voltage **** to the timing of T11. Moreover, while the peak current value Io is detected to the timing of T12 to have passed [t3 (0 - 10ms of numbers)], voltage is returned to the positive voltage ****.

[0054] A deterioration judging is performed by the peak current value Io to the timing of T13 to have passed [t4 (ms / several 10 / - 100ms of numbers)] furthermore. A normal judging will be made, if it is $Io \geq Ios$ at this time as a continuous line shows (step 176 of drawing 8 is NO). On the other hand, a deterioration judging will be made, if it is $Io < Ios$ as a dashed line shows (YES of step 176 of drawing 8).

[0055] Why the variation of the peak current value Io at the time of voltage change over becomes large with deterioration of an oxygen sensor 5 here is explained. Drawing 12 shows the equal circuit in the sensing element section 6 of an oxygen sensor 6. In drawing 12, "Rb" corresponds to the internal resistance in a resistance control region, and

"Rd" corresponds to the resistance which exists in the interface of the solid electrolyte layer 16 and electrode (the exhaust gas lateral electrode layer 18, atmospheric-air lateral electrode layer 19) in a limiting current generating area (overvoltage rule field). "Cd" is the electrostatic capacity of an interface similarly. However, it is $Z_{dc}=R_b+R_d$. In this case, since current passes along the path (path of ** of drawing) from Resistance R_b to Resistance R_d immediately after switching applied voltage, the peak current value I_o is determined by Resistance R_b (the following (4) types).

[0056]

$$I_o=I_p- (****-V_n)/R_b \dots (4)$$

Moreover, when an oxygen sensor 5 deteriorates, the interior of a sensor presents the phenomenon shown below. That is, although the electrode (the exhaust gas lateral electrode layer 18 and atmospheric-air lateral electrode layer 19) of an oxygen sensor 5 is formed in the shape of porous one with platinum, it condenses by deteriorating and passage of the oxygen to the solid electrolyte layer 16 is barred. In this case, Resistance R_d (interfacial resistance) becomes large. And if heater control is performed that internal resistance Z_{dc} should be made fixed in the state of the above-mentioned deterioration, a heater 7 will be controlled by the elevated temperature rather than deterioration before, and it will be necessary to make resistance R_b small. Therefore, after deterioration, even if internal resistance $Z_{dc} (= R_b+R_d)$ is the same compared with deterioration before, Resistance R_b becomes small. Therefore, the peak current value I_o becomes large in a negative direction.

[0057] According to **** 1 example explained in full detail above, the deterioration judging of an oxygen sensor 5 can be performed with an easily and sufficient precision by supervising change of the peak current value I_o at the time of voltage change over. Moreover, although adoption of energization control (feedback control of drawing 7) of the heater which holds internal resistance Z_{dc} to constant value like **** is advocated in the Air Fuel Ratio Control system in recent years since to reduce emission as much as possible is desired, it can use especially in this example suitable for the system which used the above-mentioned heater control.

[0058] Furthermore, in case applied voltage is switched with "*****" -> " V_n " -> "*****", the standby time (usually several 10ms - 100ms of numbers) for waiting for convergence is required at the time of each voltage switch, but in case the peak current value I_o as a deterioration judging element is detected at the time of the deterioration judging of this example, only slight time amount (0 - 10ms of numbers) is needed. Therefore, shortening of the duration of a deterioration judging can be attained.

[0059] (The 2nd example) Next, the 2nd example which materialized invention of a publication to claims 3 and 4 is explained focusing on a point of difference with the 1st example. In addition, although feedback control of the heater energization was carried out in the 1st example of the above in order to have made the internal resistance Z_{dc} of an oxygen sensor 5 in agreement with desired value, the heater energization is changed into opening control in the **** 2 example. The flow chart of drawing 13 shows the main routine in the 2nd example, and this is equivalent to the flow chart of drawing 4 of the 1st example. Moreover, the flow chart of drawing 14 shows the sensor deterioration judging routine in the 2nd example, and this is equivalent to the flow chart of drawing 8 of the 1st example.

[0060] In the main routine of drawing 13, compared with said drawing 4, the processing (step 120,130 of drawing 4) about internal resistance detection and the processing (step 140,150 of drawing 4) about heater control are omitted, and opening control of control duty regularity is performed about heater control in the control circuit which is not illustrated.

[0061] Now, if the main routine of drawing 13 is started, CPU2a will perform an air-fuel ratio detection routine (A/F detection routine) at step 210 first. Since it is completely the same as step 110 (drawing 5) of drawing 4, and good, this air-fuel ratio detection routine omits explanation here.

[0062] Then, if CPU2a distinguishes and carries out deterioration distinction of whether deterioration of an oxygen sensor 5 is detected at step 220 and it will become, it will progress to step 230. Hereafter, a sensor deterioration judging routine is explained using drawing 14.

[0063] In drawing 14, steps 231-233 are the same processings as steps 171-173 of drawing 8, the voltage V_n negative at step 231 is impressed, only predetermined time t_3 (0 - 10ms of numbers) stands by at step 132, and CPU2a performs detection of the peak current value I_o , and the storage to RAM2c of the detection value concerned at step 233. And after only time amount t_5 (ms [several 10] - 100ms of numbers) stands by at step 234, CPU2a detects the convergence current value I_n at step 235, and RAM2c is made to memorize it after detection of the peak current value I_o . Here, time amount t_5 is time amount required to be thoroughly completed by current after a voltage switch. Then, CPU2a impresses the original voltage **** to the sensing element section 6 at step 236.

[0064] Then, CPU2a performs the deterioration judging of an oxygen sensor 5 based on the newest current values I_o and I_n (detection value of step 233,235) in RAM2c using the I_o - I_n map shown in drawing 16 at step 237. That is, the map of drawing 16 is beforehand set up in ROM2b, and is classified into the deterioration field (the field A of drawing),

and the normal field (the field B of drawing) bordering on the deterioration control line L3. The deterioration control line L3 is set up so that the convergence current value I_n becomes large at a negative side, and a lifting line may be drawn. In this case, if the point of connecting the convergence current value I_n and the peak current value I_o at that time is in Field B, CPU2a will consider that it is sensor normal, and will carry out negative distinction of step 237.

[0065] Moreover, if the point of connecting the convergence current value I_n and the peak current value I_o at that time is in Field A, CPU2a will consider that it has deteriorated and will carry out affirmation distinction of step 237. And CPU2a progresses to step 238 and outputs a deterioration judging signal to ECU21 for engine control. After processing of step 237,238, only time amount t_6 (ms [several 10] - 100ms of numbers) stands by so that the next air-fuel ratio detection can carry out with a sufficient precision at step 239, and CPU2a ends this routine after that.

[0066] Processing of above-mentioned drawing 14 is more concretely explained using the timing diagram of drawing 15. That is, at drawing 15, applied voltage is switched to the negative voltage V_n from the positive voltage **** to the timing of T21, and the peak current value I_o is detected to the timing of T22 to have passed [t_3 (0 - 10ms of numbers)].

[0067] To the timing of T23 to have passed [t_5 (ms / several 10 / - 100ms of numbers)] furthermore, applied voltage is returned to the original voltage ****. Moreover, based on the peak current value I_o and the convergence current value I_n , a deterioration judging is performed at this time. Then, the routine of drawing 14 is completed to the timing of T24 to have passed [t_6].

[0068] Here, in the map of said drawing 16, the deterioration control line L3 is set up as the following. That is, the line which the initial property (a dashed line shows to drawing) of an oxygen sensor 5 is measured [line] beforehand, and made the peak current value I_o increase to a negative side only by several% is made into the deterioration control line L3. What is necessary is to be changed by the degree to judge and just to bring the rate to which it is made to increase close to an initial property to judge early deterioration comparatively. Moreover, since the limiting current value I_p etc. has some correlation, when performing a deterioration judging more strictly, the relation with current values I_o and I_n adds elements, such as the limiting current value I_p , to the two-dimensional map of above-mentioned drawing 16, and is good also as a map beyond a three dimension.

[0069] According to **** 2 example explained in full detail above, when the variation of the peak current value I_o crossed the deterioration judging region corresponding to the convergence current value I_n , the purport in which the sensor concerned has deteriorated was judged. That is, if an oxygen sensor 5 deteriorates when carrying out opening control of the heater energization, since the internal resistance Z_{dc} of the sensor 5 concerned tends to increase, the convergence current after voltage change over (absolute value) will become small. In this case, change of the peak current becomes an EQC or more than it deterioration before. Therefore, the ratio of the variation of the peak current and convergence current (absolute value) becomes so large that deterioration progresses. Consequently, the purport of deterioration of an oxygen sensor 5 can be judged easily.

[0070] In addition, although heater control was considered as opening control in the **** 2 example, it is good as feedback control as well as the 1st example of the above. In this case, although the convergence current value I_n does not change in order that internal resistance Z_{dc} may not change, the peak current value I_o is changed according to a deterioration condition by change of Resistance R_b (refer to drawing 12). Therefore, the deterioration judging of an oxygen sensor 5 is attained using the relation of above-mentioned drawing 16.

[0071] (The 3rd example) The 3rd example which materialized invention of a publication to claims 5 and 6 is hereafter explained focusing on a point of difference with the 1st and 2nd example of the above. In addition, in the **** 3 example, the deterioration judging of an oxygen sensor 5 is performed according to the relation of the peak current value I_o and internal resistance Z_{dc} which can be set at the time of a voltage switch.

[0072] That is, the internal resistance Z_{dc} and the convergence current value I_n of an oxygen sensor 5 have the relation " $Z_{dc}=V_n/I_n$." Then, it replaces with the deterioration judging using the convergence current value I_n of drawing 14, and the deterioration judging using internal resistance Z_{dc} is performed. The flow chart of drawing 17 shows the main routine in the 3rd example, and this is equivalent to the flow chart of drawing 4 of the 1st example. Moreover, the flow chart of drawing 18 shows the sensor deterioration judging routine in the 3rd example, and this is equivalent to the flow chart of drawing 8 of the 1st example.

[0073] In the main routine of drawing 17, as compared with said drawing 4, the processing (step 140,150 of drawing 4) about heater control is omitted, and opening control of control duty regularity is performed by the control circuit which is not illustrated about heater control. However, heater control may be carried out in PI control like the 1st example, and ***** feedback control may be carried out that ***** of an oxygen sensor 5 should be held to aim temperature.

[0074] Now, if the main routine of drawing 17 is started, CPU2a will perform an air-fuel ratio detection routine at step

310 first. Moreover, CPU2a will perform an internal resistance detection routine at step 330, if it distinguishes and detects whether internal resistance Z_{dc} is detected at step 320. In addition, since it is completely the same as steps 110 (drawing 5) and 120,130 (drawing 6) of drawing 4 , and good, processing of steps 310-330 omits explanation here. [0075] Then, if CPU2a distinguishes and carries out deterioration distinction of whether deterioration of an oxygen sensor 5 is detected at step 340 and it will become, it will progress to step 350. Hereafter, a sensor deterioration judging routine is explained using drawing 18 .

[0076] In addition, in drawing 18 , steps 351-355 are the same processings as steps 171-175 of drawing 8 . That is, CPU2a impresses the voltage V_n negative at step 351, and only predetermined time t_3 (0 - 10ms of numbers) stands by at step 352. Moreover, at step 353, while detecting the peak current value I_o , the detection value concerned is memorized to RAM2c. At step 354, only predetermined time t_5 (10 [several] - 100ms of numbers) stands by voltage from the negative voltage V_n by a switch and step 355 to the positive voltage ****. Then, CPU2a performs the deterioration judging of an oxygen sensor 5 based on the newest current value I_o and the internal resistance Z_{dc} (I_o [which was detected at step 353], Z_{dc} detected at step 330 of drawing 17) in RAM2c using the I_o - Z_{dc} map shown in drawing 20 at step 356. That is, the map of drawing 20 is beforehand set up in ROM2b, and is classified into the deterioration field (the field C of drawing), and the normal field (the field D of drawing) bordering on the deterioration control line L4. The deterioration control line L4 is set up so that internal resistance Z_{dc} becomes small, and a lifting line may be drawn. In this case, if the point of connecting the internal resistance Z_{dc} and the peak current value I_o at that time is in Field D, CPU2a will consider that it is sensor normal, and will carry out negative distinction of step 356. [0077] Moreover, if the point of connecting the internal resistance Z_{dc} and the peak current value I_o at that time is in Field C, CPU2a will consider that the oxygen sensor 5 has deteriorated, and will carry out affirmation distinction of step 356. And CPU2a progresses to step 357 and outputs a deterioration judging signal to ECU21 for engine control. CPU2a ends this routine after processing of step 356,357.

[0078] Processing of above-mentioned drawing 18 is more concretely explained using the timing diagram of drawing 19 . That is, in drawing 19 , voltage is switched to the negative voltage V_n from the positive voltage **** to the timing of T31, and while the peak current value I_o is detected to the timing of T32 to have passed [t_3 (0 - 10ms of numbers)], applied voltage is returned to the positive voltage ****. Then, based on the peak current value I_o and internal resistance Z_{dc} , a deterioration judging is performed to the timing of T33 to have passed [t_4].

[0079] Here, in the map of said drawing 20 , the deterioration control line L4 is set up as the following. That is, the line which the initial property (a dashed line shows to drawing) of an oxygen sensor 5 is measured [line] beforehand, and made the peak current value I_o increase to a negative side only by several% like above-mentioned drawing 16 is made into the deterioration control line L4. What is necessary is to be changed by the degree to judge and just to bring the rate to which it is made to increase close to an initial property to judge early deterioration comparatively.

[0080] As mentioned above, according to **** 3 example, when the variation of the peak current value I_o crossed the deterioration judging region corresponding to internal resistance Z_{dc} , the purport in which the sensor concerned has deteriorated was judged. In this case, the deterioration judging of an oxygen sensor 5 can be performed with a sufficient precision like the 1st and 2nd example of the above.

[0081] In addition, this invention can be materialized with the following aspect other than the above-mentioned example.

(1) In the above-mentioned example, in order to detect internal resistance Z_{dc} , although a switch and voltage V_n detected the current value I_n from **** to V_n , you may once ask for the applied voltage to an oxygen sensor 5 with an alternating current impedance like JP,4-24657,B. In this case, alternating voltage is impressed to an oxygen sensor 5, and internal resistance Z_{dc} is measured from that voltage swing and the current amplitude by it. Moreover, you may measure like JP,7-18837,B.

[0082] (2) Although the deterioration judging of this sensor 5 was performed in the above-mentioned example based on change of the peak current produced when the applied voltage of an oxygen sensor 5 is switched to the negative voltage V_n from the positive voltage ****, based on change (for example, change of the peak current produced to the timing of T2 of drawing 10) of the peak current produced when it switches to the positive voltage **** from the negative voltage V_n , it may be made to perform the deterioration judging of this sensor 5. Also in this case, an effect equivalent to the above-mentioned example is acquired.

[0083] (3) Although considered as the fixed value in the above-mentioned example according to the air-fuel ratio range which wants to detect voltage **** at the time of air-fuel ratio detection, this may be set as adjustable. That is, the voltage **** according to the limiting current value I_p (air-fuel ratio) at that time is set up on the setting-out line L5 using the applied-voltage setting-out line L5 shown in drawing 21 (****= $Z \cdot I_p + V_e$). however, inclination Z of the setting-out line L5 -- the internal resistance of an element -- about 1 -- I do -- the intercept V_e with V shaft -- the

limiting current region in an ideal air-fuel ratio ($I_p=0\text{mA}$) -- it is mostly equivalent to a midpoint.

[0084] (4) The temperature (element temperature) of the sensing element section 6 of an oxygen sensor 5 is detected, and you may make it measure internal resistance Z_{dc} with the response relation of the element temperature and internal resistance Z_{dc} .

[0085]

[Effect of the Invention] According to invention according to claim 1, by detecting current change (peak current value change) until it is completed as a predetermined value by current immediately after switching the applied voltage of an oxygen sensor, and performing a deterioration judging from the detection result, it is a new method and the outstanding effect that the deterioration judging of an oxygen sensor can be performed with a sufficient precision is demonstrated.

[0086] According to invention according to claim 2, even if it is in the condition that internal resistance is maintained by constant value about the equipment which carries out feedback control of the energization of a heater in order to make the internal resistance of an oxygen sensor in agreement with desired value, the deterioration judging of the sensor concerned can be performed with a sufficient precision.

[0087] According to invention given in claims 3 and 4, the deterioration judging of an oxygen sensor can be performed with a sufficient precision by using the relation between the peak current value immediately after a voltage switch, and the convergence current value after convergence.

[0088] According to invention given in claims 5 and 6, the deterioration judging of an oxygen sensor can be performed with a sufficient precision by using the relation between the peak current value immediately after a voltage switch, and the internal resistance of a sensor.

[Translation done.]

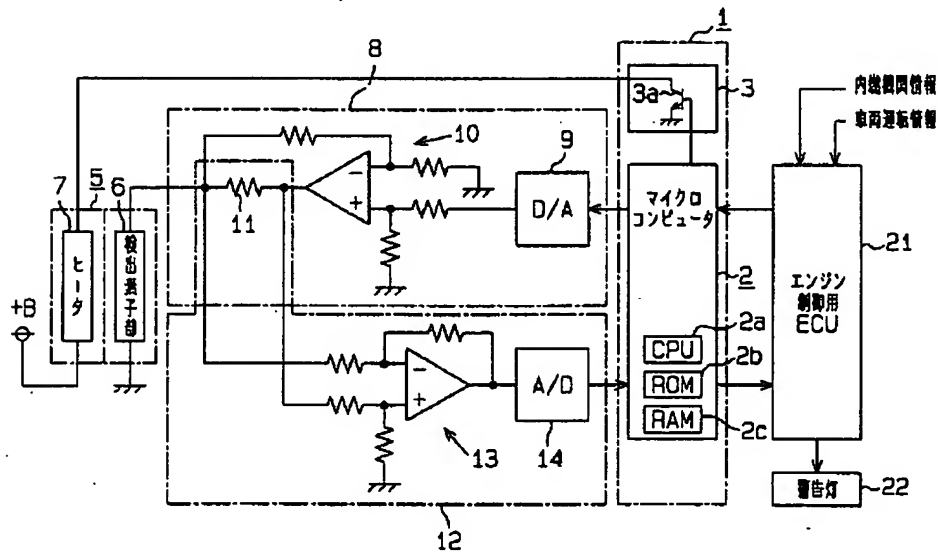
* NOTICES *

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

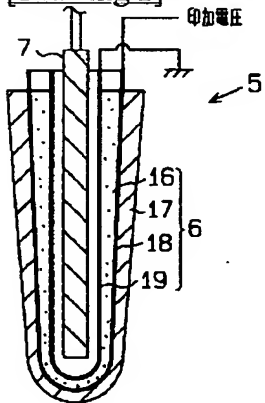
1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DRAWINGS

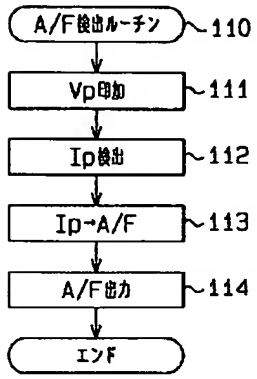
[Drawing 1]



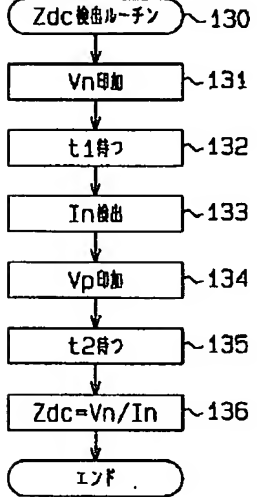
[Drawing 2]



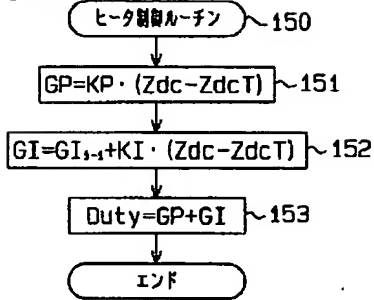
[Drawing 5]



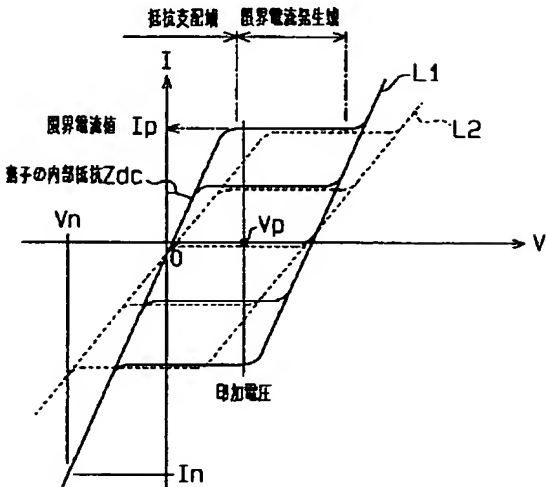
[Drawing 6]



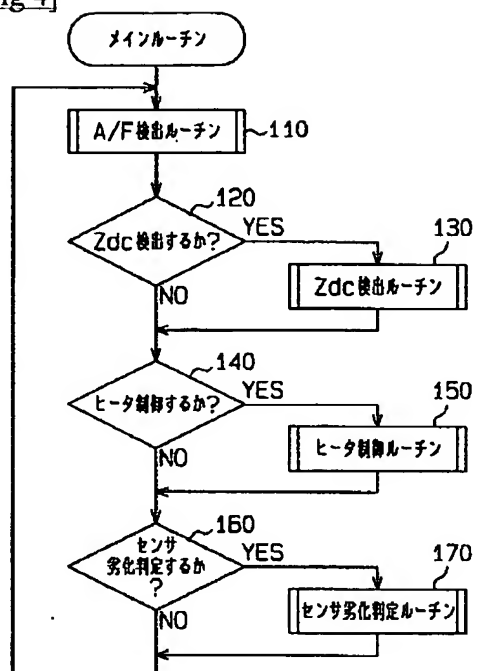
[Drawing 7]



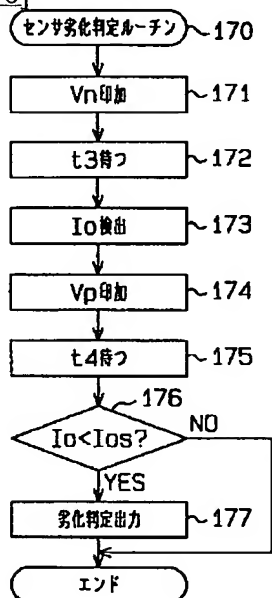
[Drawing 3]



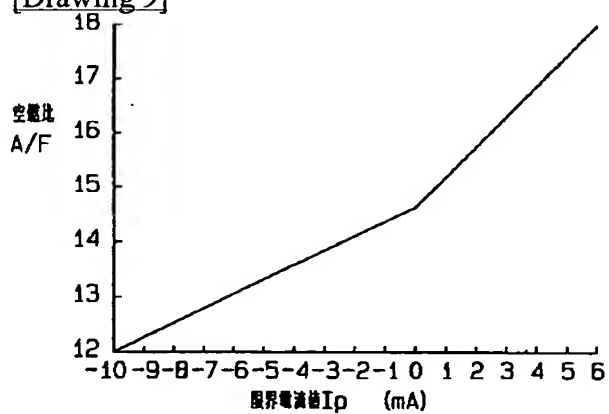
[Drawing 4]



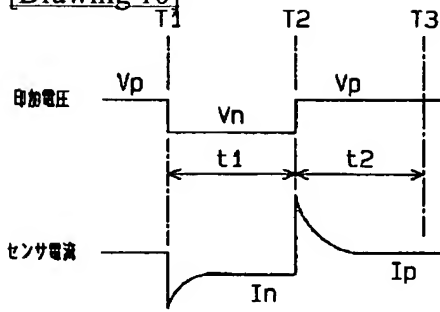
[Drawing 8]



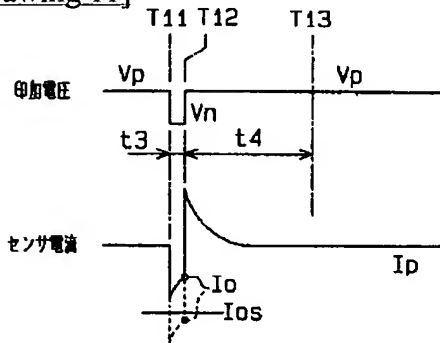
[Drawing 9]



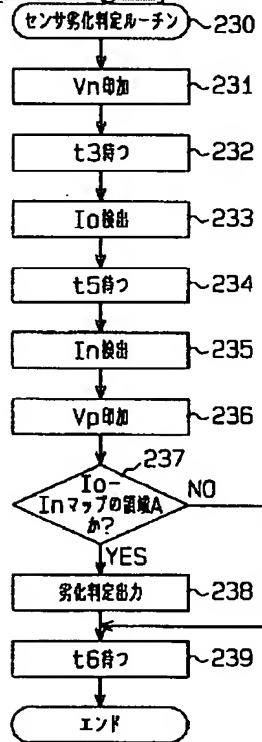
[Drawing 10]



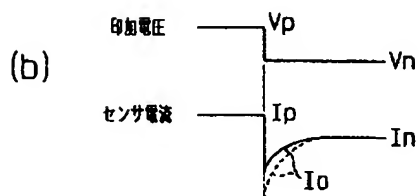
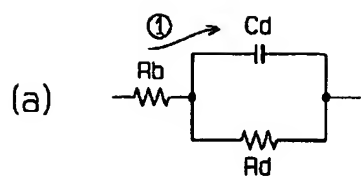
[Drawing 11]



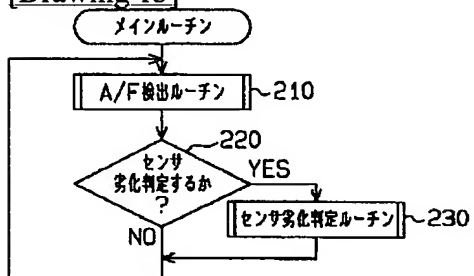
[Drawing 14]



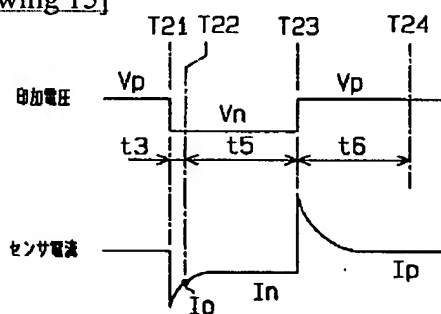
[Drawing 12]



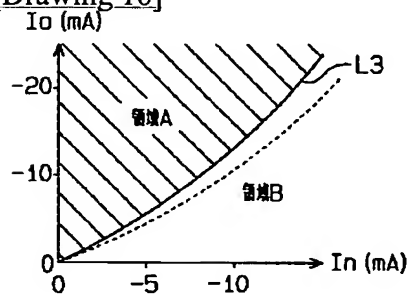
[Drawing 13]



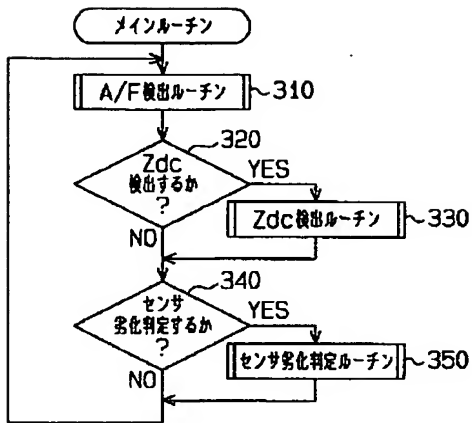
[Drawing 15]



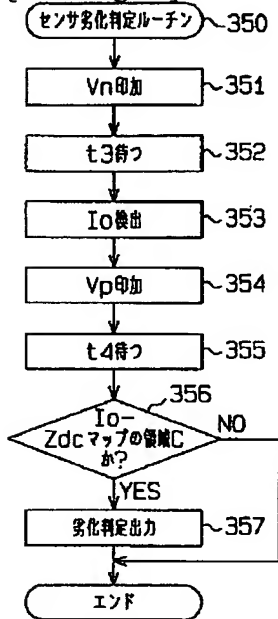
[Drawing 16]



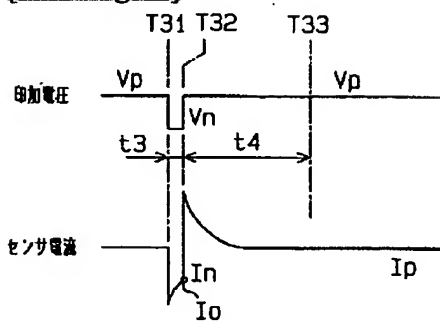
[Drawing 17]



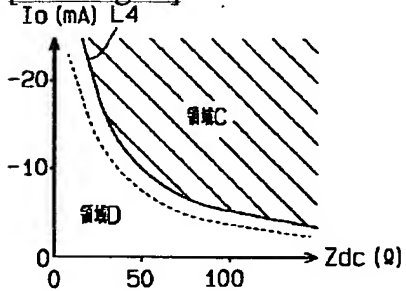
[Drawing 18]



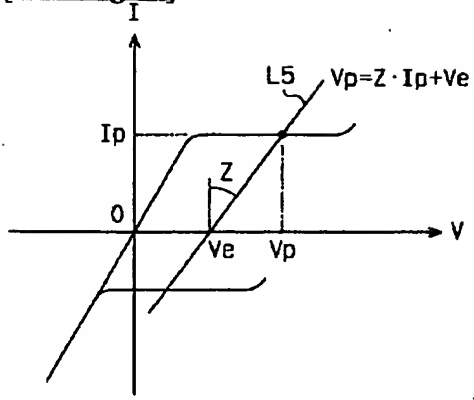
[Drawing 19]



[Drawing 20]



[Drawing 21]



[Translation done.]